



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE  
ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN  
DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS  
INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

**Rolando José Rivas López**

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ROLANDO JOSÉ RIVAS LÓPEZ**

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

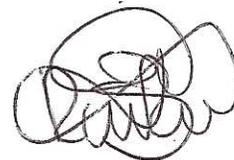
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 4 de marzo de 2013.



**Rolando José Rivas López**



Guatemala, 26 de marzo de 2014.

REF.EPS.DOC.410.03.14.

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

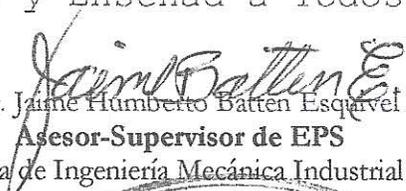
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Rolando José Rivas López**, Carné No. **200815399** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 26 de marzo de 2014.  
REF.EPS.D.154.03.14

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

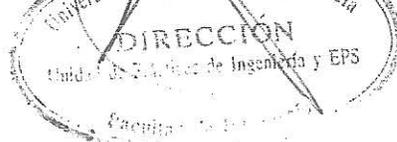
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Rolando José Rivas López** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Rolando José Rivas López**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2014.

/mgp



REF.DIR.EMI.110.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Rolando José Rivas López**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

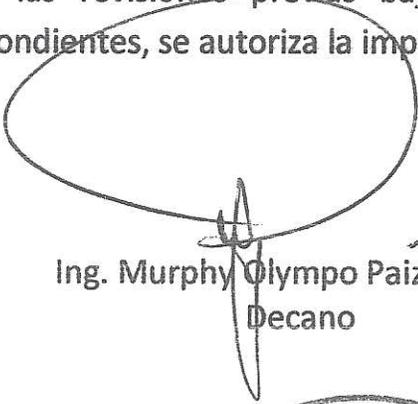


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 319.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y SU USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Rolando José Rivas López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 3 de julio de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por guiarme, bendecirme, iluminar mi mente a lo largo de toda mi carrera, poner en mi vida a personas especiales para poder ser más fuerte en todo lo que uno se proponga.
- Mi madre** Dialma Carlota López Medina, por ser un apoyo incondicional y ser importante en este logro; por ser el mejor ejemplo a seguir de perseverancia, fortaleza, dedicación, esmero y obediencia, ya que todo se puede lograr cuando se tiene el deseo de éxito en el corazón; le dedico este trabajo como muestra de cariño y por todo el esfuerzo que puso para lograr todas mis metas.
- Mi hermano** Edgar Rivas por sus consejos y su apoyo incondicional para seguir adelante.
- Mis tías** Diana López, Patricia López, Julieta de Avilés, Rosana Velásquez, por apoyarme, darme sus consejos y alentarme en cada meta que me propuse.
- Mis tíos** Rony López y Sergio Cifuentes, por apoyarme, ayudarme y motivarme a seguir adelante.

**Mi primo**

Gabriel Barillas, por estar en las buenas, en las malas y en las peores, por darme aliento para seguir y lograr mis metas en toda mi vida

**Familia**

Abuelo, tios y primos políticos, por estar allí y alentarme a superarme y ser alguien en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la mejor casa de estudios que me brindó conocimiento y enseñanzas necesarias para desarrollarme como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera y permitirme ser parte de ella para lograr el éxito, le agradezco por todo los servicios prestados para llegar a ser un profesional.
<b>Ingeniero Oswin Melgar</b>	Por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de desarrollar el trabajo de graduación y por todas sus enseñanzas y consejos personales y profesionales.
<b>Ingeniero Jaime Batten</b>	Por sus conocimientos, enseñanzas y asesorías durante el proceso de graduación.
<b>Amigos de la Facultad de Ingeniería</b>	Edgar Florián, Irene Estrada, Mauricio Chinchilla, Gerardo Páez, Elvis Juárez, Otoniel Palomo, Eduardo Tirado, Carlos del Cid, Christian Figueroa, Lester Aguilar, Lester López y demás amigos por compartir experiencias, triunfos y fracasos en todo nuestro trayecto de estudio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIX
GLOSARIO .....	XXI
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. INFORMACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA CII.....	1
1.1. Datos generales .....	1
1.1.1. Localización.....	1
1.1.2. Antecedentes.....	2
1.1.3. Objetivos.....	5
1.1.4. Visión.....	6
1.1.5. Misión .....	6
1.1.6. Políticas .....	7
1.1.7. Funciones.....	9
1.1.8. Recursos.....	10
1.1.8.1. Naturales .....	10
1.1.8.2. Físicos .....	10
1.1.8.3. Humanos .....	10
1.2. Estructura organizacional .....	11
1.2.1. Secciones del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería .....	12

1.2.2.	Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....	13
1.3.	Datos generales de la Sección de Gestión de la Calidad.....	15
1.3.1.	Nombre.....	15
1.3.2.	Localización.....	15
1.3.3.	Antecedentes .....	16
1.3.4.	Objetivos .....	18
1.3.5.	Misión .....	19
1.3.6.	Visión.....	19
1.3.7.	Políticas.....	19
1.3.8.	Estructura organizacional .....	20
1.3.8.1.	Organigrama de la Sección de Gestión de la Calidad .....	20
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE PROCESOS PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES.....	23
2.1.	Situación actual de la empresa .....	23
2.1.1.	Diagnóstico de la situación.....	23
2.1.1.1.	Recopilación de antecedentes históricos sobre el proyecto.....	24
2.1.1.2.	Identificación del problema.....	25
2.1.1.3.	DOFA .....	26
2.1.1.4.	Descripción del problema .....	27
2.1.1.5.	Análisis e identificación del área de trabajo .....	27

	2.1.1.6.	Estrategias.....	28
2.2.		Propuesta .....	28
	2.2.1.	Diseño de planta industrial.....	28
	2.2.1.1.	Localización industrial.....	29
	2.2.1.1.1.	Reglamento de Localización e Instalación Industrial vigente en la Municipalidad de Guatemala (MUNI) .....	29
	2.2.1.2.	Edificio industrial.....	39
	2.2.1.2.1.	Clases de edificios .....	40
	2.2.1.2.2.	Tipo de edificación .....	41
	2.2.1.3.	Techo industrial .....	42
	2.2.1.4.	Aspectos técnicos.....	42
	2.2.1.5.	Tipos de techos .....	42
	2.2.1.6.	Ventilación industrial.....	45
	2.2.1.7.	Pisos industriales.....	49
	2.2.1.8.	Pintura industrial .....	50
	2.2.1.9.	Iluminación industrial .....	50
	2.2.1.10.	Control de ruidos .....	53
2.2.2.		Diseño de prototipos para el proceso de elaboración de paneles de tetrabrik.....	55
	2.2.2.1.	Corte de envases de tetrabrik.....	56

2.2.2.2.	Troquelado de los envases de tetrabrik posconsumo .....	62
2.2.2.3.	Prensado a calor .....	68
2.2.2.4.	Corte a medida y ensamblado.....	88
2.2.3.	Planificación de la producción de paneles de tetrabrik .....	101
2.2.3.1.	Recopilación de información .....	101
2.2.3.2.	Cotización de materiales .....	102
2.2.3.3.	Tiempos de producción .....	105
2.2.3.4.	Diagrama de flujo de operaciones.....	124
2.2.3.5.	Tipo de producción.....	135
2.2.3.6.	Distribución de maquinaria.....	135
2.2.4.	Estudio de trabajo .....	137
2.2.4.1.	Condiciones de trabajo.....	138
2.2.4.2.	Diseño del lugar de trabajo, equipo y herramienta.....	138
2.2.4.3.	Calificación de desempeño .....	144
2.2.4.4.	Suplementos .....	150
2.2.4.5.	Balanceo de la línea de producción.....	154
2.2.5.	Distribución de costo de producción.....	159
2.2.5.1.	Materia prima .....	160
2.2.5.2.	Planillas laborales .....	162
2.2.5.3.	Gasto de fabricación .....	168
2.2.5.4.	Ganancia neta por unidad .....	171
2.2.6.	Control de la producción.....	173
2.2.6.1.	Pronóstico para demandas futura .....	173

2.2.6.2.	Órdenes de trabajo para cada estación de trabajo .....	174
2.2.6.3.	Sistema de inventarios .....	179
2.2.6.3.1.	Compra de materia prima.....	180
2.2.6.3.2.	Producción.....	183
2.2.7.	Control estadístico de la calidad .....	186
2.2.7.1.	Mejoramiento de la calidad.....	186
2.2.7.2.	Métodos estadísticos de control y muestreo de aceptación.....	187
2.2.7.2.1.	Control estadístico planchas de tetrabrik (largo) .....	187
2.2.7.2.2.	Control estadístico planchas de tetrabrik (ancho) .....	193
2.2.7.2.3.	Control estadístico para el producto final .....	197
2.2.8.	Análisis económico .....	200
2.2.8.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	201
2.2.8.2.	Beneficio Costo (B/C) .....	209

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AHORRO DE AGUA EN LA ESTACIÓN DE LAVADO DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO DE LOS ENVASES DE TETRABRIK POSCONSUMO.....	213
3.1.	Consumo.....	213
3.1.1.	Recopilación de información de EMPAGUA.....	213
3.1.2.	Pronóstico para demanda futura .....	214
3.2.	Concientización.....	218
3.2.1.	Señalización.....	218
3.2.2.	Rotulación de la maquinaria .....	222
3.3.	Tecnología .....	223
3.3.1.	Recopilación de información .....	223
3.3.2.	Cotización de materiales .....	224
3.3.3.	Diseño del sistema ahorrador de agua.....	225
3.3.4.	Pruebas de filtrado .....	227
3.3.5.	Estudio de trabajo .....	239
3.4.	Minimización de gastos.....	242
3.4.1.	Comparación del sistema convencional con el ahorrador .....	242
4.	FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN A OPEARIOS DE CADA ESTACIÓN DE TRABAJO, DENTRO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PANELES DE TETRABRIK POSCONSUMO.....	247
4.1.	Planificación .....	247
4.1.1.	Organizar horarios de producción .....	248
4.1.2.	Tiempo de ejecución de capacitaciones.....	248
4.1.3.	Costo de evento .....	249
4.2.	Programación.....	249
4.2.1.	Calendarización de actividades.....	249

4.2.2.	Capacitación mejora continua de los procesos .....	250
4.3.	Metodología.....	251
4.3.1.	Conferencias.....	251
4.3.2.	Técnicas audiovisuales.....	252
4.3.3.	Simulaciones .....	252
4.4.	Evaluación.....	252
4.4.1.	<i>Check list</i> .....	252
4.4.2.	Hoja de ponderación durante el proceso .....	254
4.5.	Resultados.....	255
CONCLUSIONES .....		257
RECOMENDACIONES.....		259
BIBLIOGRAFÍA.....		261



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Bosquejo de ubicación del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....	2
2.	Organigrama del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería .....	14
3.	Bosquejo de la ubicación de la Sección de Gestión de la Calidad .....	16
4.	Organigrama de la Sección de Gestión de la Calidad .....	21
5.	Selección de agrupación conforme a al reglamento de la MUNI .....	30
6.	Selección de grupo conforme al reglamento de la MUNI .....	31
7.	Selección de subgrupo conforme al reglamento de la MUNI .....	32
8.	Tabla de grupo industriales conforme al reglamento de la MUNI .....	33
9.	Tabla de categorías industriales 1 conforme al reglamento de la MUNI .....	34
10.	Tabla de categorías industriales 2 conforme al reglamento de la MUNI .....	35
11.	Matriz de localización industrial conforme al reglamento de la MUNI .....	36
12.	Localización permitida conforme al capítulo III reglamento de la MUNI .....	36
13.	Localización permitida conforme al capítulo III reglamento de la MUNI .....	37
14.	Localización industrial zona I.1.1 conforme al reglamento de la MUNI .....	38
15.	Bosquejo de la zona I.1.1 .....	39
16.	Bosquejo del espacio físico propuesto de la planta industrial .....	40

17.	Isométrico planta industrial propuesta .....	41
18.	Techo a dos aguas .....	43
19.	Gráfico del techo industrial propuesto.....	43
20.	Tabla de renovación del aire en número de veces/hora .....	47
21.	Coeficiente de entrada de la ventana .....	48
22.	Tabla de color conforme a la luz reflejada .....	50
23.	Diseño de techo industrial.....	51
24.	Diseño de ventanas para pared de 6,85 metros .....	52
25.	Diseño de ventanas para pared de 10,73 metros .....	53
26.	Plancha de poliestireno expandido (duroport) .....	54
27.	Tapones industriales.....	55
28.	Bosquejo del funcionamiento del prototipo de corte .....	58
29.	Plano de prototipo de corte de los envases de tetrabrik .....	59
30.	Prototipo de corte de los empaques de tetrabrik .....	60
31.	Comparación del método actual y el método mejorado .....	61
32.	Plano del sistema de troquelado de los empaques de tetrabrik.....	63
33.	Prototipo del sistema de troquelado de los empaques de tetrabrik.....	64
34.	Granulometría de 5/16” de los envases de tetrabrik posconsumo con prototipo propuesto .....	67
35.	Desperdicio del empaque de tetrabrik durante el proceso de troquelado.....	68
36.	Plano de prototipo prensado con sistema eléctrico y capacidad de compresión de 2 toneladas.....	71
37.	Prototipo con sistema de calentamiento eléctrico y capacidad de compresión de 2 toneladas.....	72
38.	Sistema de calentamiento con hornilla eléctrica implementado en el prototipo de prensado a calor .....	73
39.	Gráfico de temperatura vs tiempo.....	75

40.	Equipo utilizado en la medición de temperatura: termóstato infrarrojo marca Humboldt H-3593 .....	77
41.	Medición de la temperatura en el prototipo de prensado a calor.....	78
42.	Mala adhesión de los empaques de tetrabrik durante el proceso prensado a calor eléctrico a 2 toneladas de compresión .....	80
43.	Plano de prototipo prensado con sistema eléctrico y capacidad de compresión de 6 toneladas .....	82
44.	Prototipo con sistema de calentamiento eléctrico y capacidad de compresión de 6 toneladas .....	83
45.	Plancha de tetrabrik sobrecalentada, método de trabajo 1, compresión 6 toneladas .....	85
46.	Plancha de tetrabrik, método de trabajo 2, compresión 6 toneladas....	86
47.	Plancha de tetrabrik de 15,2 cm ancho por 22,3 cm largo y 0,7 de grosor... ..	87
48.	Sierra de cinta .....	89
49.	Corte a medida de las planchas de tetrabrik en la sierra de cinta .....	90
50.	Vista lateral de las planchas de tetrabrik previamente cortada de 15,2 cm ancho por 22,3 cm largo y 0,7 de grosor .....	91
51.	Prueba destructiva en la parte del hilo del empaque de tetrabrik, utilizando clavo y broca de ¼” .....	92
52.	Adhesión de las planchas de tetrabrik con pegamento (cola para madera).....	93
53.	Adhesión de los empaques con tornillos y broca de ¼” .....	93
54.	Aplicación de aerosol rojo en placa de tetrabrik.....	95
55.	Colorante a base de agua color caoba.....	96
56.	Aplicación de colorante a base de agua color caoba en plancha de tetrabrik .....	97
57.	Aplicación de fórmica en las planchas de tetrabrik .....	97

58.	Repisa de 50 cm de largo x 15 cm de altura x 30 cm de ancho, vista de atrás .....	99
59.	Repisa de 50 cm de largo x 15 cm de altura x 30 cm de ancho, vista lateral.....	100
60.	Cotización 1 de lámina oscura para el prototipo de compresión a calor.....	103
61.	Cotización 2 de lámina oscura para el prototipo de compresión a calor.....	104
62.	Cotización 3 de productos eléctricos .....	104
63.	Composición de las placas protectoras del envase de tetrabrik .....	107
64.	Visita de la empresa Agua Clara de Gerona a la Sección de Gestión de la Calidad.....	108
65.	Corte en cualquier esquina del envase de tetrabrik.....	110
66.	Corte del empaque por el lado lateral.....	110
67.	Despliegue del empaque de tetrabrik .....	111
68.	Envase de tetrabrik desplegado .....	111
69.	Envases de tetrabrik posconsumo antes de la limpieza .....	117
70.	Preparación de la mezcla de agua y desinfectante .....	117
71.	Introduciendo los envases de tetrabrik dentro de la mezcla .....	118
72.	Reposo de los envases de tetrabrik durante 5 minutos .....	118
73.	Destilación de la mezcla sobre el envase de tetrabrik .....	119
74.	Limpieza del envase de tetrabrik con paño y desinfectante.....	119
75.	Empaques de tetrabrik ubicados en estanterías conforme al tamaño.....	121
76.	Diagrama de flujo de operación para el centro de acopio.....	125
77.	Diagrama de flujo de operación para la estación de corte y lavado de los envases de tetrabrik.....	126
78.	Diagrama de flujo de operación para la estación de prensado a calor.....	128

79.	Diagrama de flujo de operación para la estación de corte a medida y ensamblado.....	130
80.	Diagrama de flujo de operación proceso de productivo de los envases de tetrabrik.....	133
81.	Matriz de distribución de planta, Método Layout.....	136
82.	Plano de distribución de planta con el Método Layout.....	137
83.	Diseño del lugar de trabajo para el centro de acopio.....	139
84.	Diseño del lugar de trabajo para la bodega de materia prima.....	139
85.	Diseño del lugar de trabajo para la estación de corte y lavado.....	140
86.	Diseño del lugar de trabajo la estación de prensado a calor.....	140
87.	Diseño del lugar de trabajo para la estación de corte a medida y ensamblado.....	141
88.	Diseño del lugar de trabajo la bodega de producto terminado.....	141
89.	Tapete antifatiga propuesto para cada estación de trabajo.....	143
90.	Diseño actual y mejorado de cuchillo.....	144
91.	Sistema Westinghouse, factor de habilidad.....	145
92.	Sistema Westinghouse, factor de esfuerzo.....	146
93.	Sistema Westinghouse, factor de condiciones.....	147
94.	Sistema Westinghouse, factor de consistencia.....	148
95.	Suplementos recomendados por ILO.....	151
96.	Orden de trabajo para el centro de acopio.....	175
97.	Orden de trabajo, estación de corte y lavado de los envases de tetrabrik.....	176
98.	Orden de trabajo para la estación de prensado a calor.....	177
99.	Orden de trabajo para la estación de trabajo de corte a medida y ensamblado.....	178
100.	Cuadro de control de entradas y salidas en las estaciones de trabajo..	179
101.	Áreas físicas de bodegas de materia prima y producto terminado.....	181

102.	Valores gráficos de control .....	189
103.	Gráfico medias para largo de las planchas de tetrabrik .....	190
104.	Gráfico de rangos para largo de las planchas de tetrabrik.....	192
105.	Gráfico medias para ancho de las planchas de tetrabrik .....	195
106.	Gráfico de rangos para ancho de las planchas de tetrabrik.....	197
107.	Gráfico de proporciones (P) para el producto final (repisas).....	200
108.	Diagrama de flujo de caja, opción BANTRAB .....	203
109.	Tabla de factores de interés compuesto, interés de 18 % .....	204
110.	Diagrama de flujo de caja, opción CHN .....	205
111.	Tabla de factores de interés compuesto, interés de 12 % .....	206
112.	Diagrama de flujo de caja, opción BANRURAL .....	207
113.	Tabla de factores de interés compuesto, interés de 13 % .....	208
114.	Colores de seguridad conforme a la guía de CONRED .....	219
115.	Forma geométrica utilizada para la señalización conforme a la guía de CONRED .....	220
116.	Ejemplo de diseño de la señalización conforme a la guía de CONRED .....	221
117.	Distancia de visualización de la señalización conforme a la guía de CONRED .....	222
118.	Diseño de rotulación para el sistema ahorrador de agua.....	223
119.	Diseño del sistema ahorrador de agua .....	225
120.	Sistema ahorrador de agua .....	226
121.	Agua con desechos de tetrabrik y desinfectante .....	227
122.	Agua previamente filtrada por el sistema ahorrador de agua .....	228
123.	Vinagre blanco para uso alimenticio .....	231
124.	Bicarbonato sódico de 10 gramos de presentación .....	232
125.	Nuevo sistema ahorrador de agua.....	233
126.	Agua con desechos de tetrabrik y desinfectante .....	234
127.	Agua previamente filtrada por el nuevo sistema ahorrador de agua...	235

128.	Resultados de las pruebas fisicoquímicas .....	235
129.	Muestras de agua filtrada y combinaciones de sulfato de aluminio y cal viva. ....	236
130.	Agua con la aplicación de cal viva y sulfato de aluminio .....	237
131.	Diagrama de proceso de flujo del sistema ahorrador de agua .....	240
132.	Diagrama hombre máquina del sistema ahorrador de agua .....	241
133.	Hoja de calendarización de actividades, capacitaciones de operarios .....	250
134.	Propuesta de hojas <i>check list</i> para las estaciones de trabajo .....	253
135.	Propuesta de hoja de ponderación durante el proceso productivo ....	254

## TABLAS

I.	Recurso humano del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....	11
II.	Análisis DOFA.....	26
III.	Comparación del análisis DOFA .....	28
IV.	Comparación de los métodos de trabajo.....	61
V.	Toma de tiempos para el proceso de troquelado de envases de tetrabrik .....	65
VI.	Medición de temperatura vs tiempo con sistema eléctrico .....	74
VII.	Datos técnicos del termóstato marca Humboldt H-3593 .....	76
VIII.	Métodos de trabajo del proceso de calentamiento eléctrico a compresión, con envases de tetrabrik enteros para 2 toneladas de compresión.....	79
IX.	Método de trabajo 1, para el proceso de calentamiento eléctrico a compresión con envases de tetrabrik enteros 6 toneladas .....	84
X.	Método de trabajo 2, para el proceso de calentamiento eléctrico a compresión con envases de tetrabrik enteros 6 toneladas .....	85

XI.	Tiempo de producción para el centro de acopio de los envases de tetrabrik.....	109
XII.	Tiempo de producción para el corte de los empaques de tetrabrik.....	112
XIII.	Materia prima utilizada para la elaboración de desinfectante .....	113
XIV.	Rotulación y medición del equipo a utilizar para la elaboración de desinfectante .....	114
XV.	Instructivo de la mezcla de los reactivos.....	114
XVI.	Instructivo para la limpieza de empaques de tetrabrik previamente cortados .....	116
XVII.	Tiempo de producción para el lavado de los empaques de tetrabrik previamente cortados .....	120
XVIII.	Tiempo de producción en la estación de trabajo de prensado a calor.....	122
XIX.	Tiempo de producción en la estación de corte a medida y ensamblado del producto final .....	123
XX.	Tiempo de producción total en cada estación de trabajo.....	124
XXI.	Estaciones de trabajo para la distribución de planta por el Método Layout.....	136
XXII.	Valores de habilidad para las estaciones de trabajo.....	146
XXIII.	Valores de esfuerzo para las estaciones de trabajo .....	147
XXIV.	Valores de condiciones para las estaciones de trabajo .....	148
XXV.	Valores de consistencia para las estaciones de trabajo .....	149
XXVI.	Calificación total para cada estación de trabajo por el sistema Westinghouse .....	150
XXVII.	Suplementos para el centro de acopio, conforme a ILO .....	152
XXVIII.	Suplementos para corte y lavado, conforme a ILO .....	152
XXIX.	Suplementos para estación de prensado a calor, conforme a ILO .....	153
XXX.	Suplementos para estación de corte a medida y ensamblado, conforme a ILO .....	153

XXXI.	Suplementos totales por cada estación de trabajo.....	154
XXXII.	Tiempos normal para cada estación de trabajo .....	155
XXXIII.	Tiempos normales y suplemento por cada estación de trabajo .....	156
XXXIV.	Tiempos estándar conforme a cada estación de trabajo.....	156
XXXV.	Números de operarios con una eficiencia de 53,69 % .....	159
XXXVI.	Costo de materia prima .....	161
XXXVII.	Costo total de planchas de fórmica mensual.....	161
XXXVIII.	Costo total de materiales directos mensuales.....	161
XXXIX.	Costo total de materiales indirectos mensuales .....	162
XL.	Costo total materia prima mensual.....	162
XLI.	Sueldo ordinario semanal.....	164
XLII.	Planilla semanal para 5 operarios .....	165
XLIII.	Planilla mensual mano de obra .....	165
XLIV.	Provisión de prestaciones mensual.....	167
XLV.	Costo mensual de mano de obra .....	167
XLVI.	Costo mensual de agua potable y desinfectante.....	168
XLVII.	Detalle costo eléctrico mensual, sierra de cinta .....	169
XLVIII.	Detalle costo eléctrico mensual, sierra de cinta .....	171
XLIX.	Total de gasto de fabricación mensualmente.....	171
L.	Costo de producción mensual.....	172
LI.	Pronóstico de demanda y producción para un año calendario.....	174
LII.	Cuadro de resumen, compra sin déficit.....	183
LIII.	Cuadro de resumen, producción sin déficit .....	186
LIV.	Toma de mediciones del largo de las planchas de tetrabrik.....	188
LV.	Toma de mediciones del ancho de los envases de tetrabrik.....	194
LVI.	Toma de muestras del producto final (repisas) .....	199
LVII.	Rubros proporcionados por bancos guatemaltecos .....	201
LVIII.	Costos mensuales y anuales .....	202
LIX.	Ingresos mensuales y anuales netos .....	202

LX.	Toma de decisiones.....	209
LXI.	Precio del servicio de agua por rangos de consumo de agua de EMPAGUA.....	213
LXII.	Consumo de agua en la estación de corte y lavado por mes .....	217
LXIII.	Resumen técnico para la elaboración de las señalización industrial ..	221
LXIV.	Catálogo de los materiales para el sistema ahorrador de agua .....	224
LXV.	Materia prima utilizada para la elaboración de desinfectante .....	230
LXVI.	Rotulación y medición de reactivos.....	230
LXVII.	Instructivo de la mezcla de los reactivos.....	231
LXVIII.	Comparación del ahorro de agua en metros cúbicos, con el sistema ahorrador de agua y el sistema actual .....	243
LXIX.	Comparación de costo con el desinfectante industrial y biodegradable .....	244
LXX.	Horarios de trabajo, jornada y días laborales .....	248
LXXI.	Costo de evento para un operario de producción .....	249

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>C°</b>	Celsius
<b>cm</b>	Centímetros
<b>kWh</b>	Kilowatt hora
<b>PSI</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>m</b>	Metro
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minutos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>”</b>	Pulgadas
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>s</b>	Segundos



## GLOSARIO

<b>Calcáneo</b>	Hueso del pie corto y asimétrico, de forma cúbica irregular con seis caras, el cual constituye el talón del pie.
<b>Calidad</b>	Conjunto completo de las características de un producto o servicio, a través del cual se cumplirán las expectativas del cliente.
<b>CIV</b>	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.
<b>CONRED</b>	Consejo Nacional para la Reducción de Desastres.
<b>Defecto</b>	Fallo en entregar lo que el cliente desea.
<b>Estación de trabajo</b>	Lugar donde se desarrollar una o varias actividades con un fin.
<b>ILO</b>	Siglas en inglés de la Organización Internacional del Trabajo, International Labour Organization.
<b>ISO</b>	Siglas en inglés de la Organización Internacional de Normas, International Standards Organization.

<b>Layout</b>	Método utilizado para la distribución de maquinaria, con el cual parte de cuatro criterios fundamentales en relación a diferentes ambientes.
<b>Plywood</b>	Tablero elaborado con finas chapas de madera pegadas con fibras transversalmente una sobre otra con resina sintética, mediante presión y calor.
<b>Tetrabrik</b>	Nombre comercial del envase producido por la empresa Tetra Pak, que está elaborado a partir de cartón, plástico y aluminio.

## RESUMEN

Para encontrar nuevas fuentes de reciclado es importante resaltar que se debe tener una cultura de reutilización en la sociedad, con el fin de disminuir los niveles de desperdicios tanto sólidos, líquidos o gaseosos y de combatir el calentamiento global que afecta a nivel mundial. Se investigó y buscó una nueva fuente de materia prima que es de consumo masivo, con la cual se garantizará la existencia de la misma, y se encontró un envase que está compuesto por cartón, polietileno de baja densidad y aluminio llamado tetrabrik, en el cual lo distribuye la empresa Tetra Pak.

A partir de este empaque se hicieron pruebas y se investigó que uno de los componentes principales que es el polietileno de baja densidad hace que, al aplicarle calor a compresión a los empaques, estos se compacten y formen una plancha, haciendo posible reciclar el empaque de tetrabrik. Como resultado surgió el desarrollo de un proceso de transformación de dichos empaques en planchas, para el desarrollo de un producto final cien por ciento ecológico y que pueda competir con otros aglomerados como lo son: plywood, melamina y tabla yeso.

El proceso de transformación de los empaques de tetrabrik, consistió en el acopio de dichos empaques, un corte y lavado previo a aplicarle compresión a calor para convertirlo en una plancha. En este caso se desarrolló una repisa con planchas de tetrabrik, para lo cual se realizó un estudio de trabajo, análisis de costos, distribución de maquinaria, control y planificación de la producción, entre otros.



# OBJETIVOS

## General

Diseñar un proceso para la recolección, acopio y preparación de envases posconsumo de tetrabrik, para la utilización en la elaboración de paneles menores de aglomerados y el uso en productos industriales

## Específicos

1. Diseñar una planta industrial conforme al proceso productivo.
2. Diseñar y crear prototipos conforme las estaciones de trabajo.
3. Establecer tiempo de producción de cada estación de trabajo.
4. Calcular el costo de producción mensual de la línea de producción así como el precio de venta y costo unitario del producto terminado.
5. Desarrollar un análisis económico del proyecto, con el fin de identificar la rentabilidad del mismo.
6. Desarrollar una comparación económica del sistema actual y el sistema ahorrador de agua.
7. Proponer una guía de seguimiento para capacitar a los operarios en las estaciones de trabajo correspondientes.



## INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en la creación de una planta industrial para poder transformar los empaques de tetrabrik posconsumo en planchas menores de dicho material, con lo cual se desarrolló una serie de pasos que incluye el diseño de la planta industrial, especificaciones del tipo de edificio, diseño del tipo de techo industrial, ventilación, piso industrial, pintura industrial entre otros.

Para el proceso de transformación de dichos empaques se desarrollaron estaciones de trabajo con el fin de tener un producto terminado, para lo cual se diseñaron y se crearon diferentes prototipos para las diferentes estaciones de trabajo. Otro factor de la fase técnica es el desarrollo de tiempos de producción, diagramas de operaciones, distribución de maquinaria entre otros. Cabe mencionar que se desarrolló una distribución de costos, en los cuales están incluidos; mano de obra, materia prima, gastos de fabricación, con el fin de poder tener el costo de producción unitario y precio de venta para poder desarrollar una planificación de la producción, incluyendo órdenes de trabajo, control estadístico, entre otros.

Se creó un sistema para el ahorro de agua en el proceso de lavado como un punto importante dentro de la Producción más Limpia y se desarrollará una comparación con el sistema implementado sin dicho sistema, lo cual traerá diferentes beneficios como es el ahorro de recurso monetario para la empresa y de crear un proceso productivo ecológico para poder disminuir el calentamiento global con el uso eficiente de los recursos naturales. Por último, se hizo una planificación para poder capacitar a los operarios en las estaciones de trabajo

con el fin de darle seguimiento al proceso productivo, mejorar la eficiencia, estandarizar proceso, entre otros.

# **1. INFORMACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA CII**

## **1.1. Datos generales**

A continuación se muestra la información detallada del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), donde se expondrán los aspectos más importantes de dicha institución, como localización, antecedentes, visión, misión, entre otros.

### **1.1.1. Localización**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería se encuentra en Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Ciudad Universitaria, zona 12, edificio T5, nivel 2, teléfono (502) 2418-9115, fax (502) 2418-9121.

Figura 1. **Bosquejo de ubicación del Centro de Investigaciones de Ingeniería**



Fuente:

<https://maps.google.com.gt/maps?q=centro+de+investigaciones+de+ingenier%C3%ADa+usac+&ie=UTF-8&hl=es>. Consulta: noviembre de 2012.

### 1.1.2. **Antecedentes**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) es una institución dedicada al apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ingeniería.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería fue creado por acuerdo del Consejo Superior Universitario de fecha 27 de julio de 1963 y está integrado por

todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para constituir el Centro, fue la unificación de los laboratorios de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en 1959 y la subsiguiente adición a los mismos del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en 1962 en unión de otros laboratorios docentes de la Facultad de Ingeniería. En 1965 se agregó al CII, el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Municipalidad de Guatemala. En 1967 se incorporaron los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química, que pasó a formar parte de la Facultad de Ingeniería como Escuela de Ingeniería Química, y posteriormente los laboratorios de Mecánica e Ingeniería Eléctrica, al formarse las respectivas escuelas. En 1977 se establecieron las unidades de Investigación en Fuentes no Convencionales de Energía y Tecnología de Construcción de la Vivienda. En 1978 fue creado el Centro de Información para la Construcción (CICON), el cual se encuentra adscrito al CII. En 1980, aunaron esfuerzos, la Facultad de Arquitectura y la Unidad de Tecnología de la Construcción de Vivienda, para organizar el Programa de Tecnología para los Asentamientos Humanos, del cual se generaron múltiples relaciones nacionales e internacionales.

En 1997 se adhirió al CII la Planta Piloto de Extracción Destilación, cuyo funcionamiento es de vital apoyo tanto a la investigación como a la prestación de servicios, e inició actividades en la década de los 90's. En esta misma década, se dio impulso al Laboratorio de Metrología Eléctrica, cuya formación data de muchos años y se consideró la ampliación del Laboratorio de Metrología Industrial. En 1999 se incrementó notablemente la participación del CII en los Programas de Investigación que se encuentran vigentes en el país, así como la vinculación internacional.

En el 2007 se inicia la ampliación en estructura del CII, con la construcción del 3er nivel del edificio T5 y de un edificio en el Área de Prefabricados; además de la remodelación y modernización de los laboratorios de Química en el edificio T5, las cuales son inauguradas en 2008.

En 2009 se crea el Laboratorio de Investigación en Extractos Vegetales, LIEXVE, antes Planta Piloto de Extracción-Destilación, como parte de la Sección de Química Industrial. Así mismo se crea la Planta Piloto de Extracción de Biodiésel en dicho laboratorio, en el mes de agosto de 2009. También se crean las Sección de Topografía y Catastro, y la Sección de Tecnología de la Madera en ese mismo año. En el mes de marzo del 2010 se oficializa la Sección de Gestión de la Calidad, teniendo como objetivo el desarrollo del Sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para lograr la Acreditación de Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO/IEC 17025. Al mes de mayo de 2011, se encuentra en proceso la creación de la Sección de Innovación, y se unificó en el mes de marzo de este mismo año, la Sección de Agregados y Concretos, con la Sección de Aglomerantes y Morteros, quedando conformada como Sección de Agregados, Concretos y Morteros. Para el segundo semestre del 2011 se proyecta la creación oficial de la Unidad de Seguridad Industrial Ocupacional, como soporte técnico de las actividades de Seguridad Industrial que se llevan a cabo en la Sección de Gestión de la Calidad. A partir del mes de junio del 2010 se inició la formación del Sistema de Gestión de la Calidad para todo el Centro de Investigaciones, centrado en el proceso de Acreditación de Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO 17025, en las secciones de Concretos, Metales, Química Industrial y Suelos; el cual se ha ido fortaleciendo en el transcurso del 2011, por medio de un programa de capacitación continua al personal, así como con la implementación de la política y de los objetivos de calidad, así como herramientas de Planificación Estratégica, formación de Comités de Calidad,

elaboración de documentación técnica e implementación de formatos y registros técnicos y de calidad en las cuatro secciones mencionadas.

Además se están formulando actividades tendientes a fortalecer el Sistema de Calidad en el componente de Seguridad Industrial, con la señalización de seguridad en las Áreas de Máquinas y puntos de reunión, equipamiento de seguridad industrial, formación de brigadas de emergencia y simulacros de evacuación.

Todas las secciones que forman parte del CII participan en las actividades de investigación, servicio, docencia y extensión que realiza el Centro como ejecutor de las políticas de la USAC, asimismo, para atender la demanda cuenta con personal profesional y técnico en los diferentes campos, para realizar expertajes, asesorías, ensayos de comprobación, control de calidad y otros.

### **1.1.3. Objetivos**

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que interesan a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Prestar sus servicios preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer los mismos a entidades y personas que mediante convenios específicos deseen participar en las actividades del Centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.

- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica y adiestramiento y la promoción de realización de trabajos de tesis en sus laboratorios y unidades técnicas.

#### **1.1.4. Visión**

Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico-tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de Ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultoría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.<sup>1</sup>

#### **1.1.5. Misión**

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y

---

<sup>1</sup> <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería.<sup>2</sup>

### **1.1.6. Políticas**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, básicamente da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en cuanto apoyar el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia como función primordial para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el Punto Segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario con fecha 25 de octubre de 1991.

Existe vinculación con organismos regionales, instituciones de investigación y normalización y con organizaciones técnico científicas a nivel mundial.

Con propósitos del cumplimiento del Programa de Investigación se ha establecido una relación directa con el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CONCIUSAC) cuyo ejecutor es la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT). Miembros del equipo de trabajo del Centro de Investigaciones de Ingeniería participan en las actividades de estas dos instituciones.

Los programas de Docencia se ejecutan mediante Prácticas de Laboratorio, con apoyo a diferentes Escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades y la promoción en la realización de trabajos de tesis, tanto para estudiantes de los niveles de pre-grado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

---

<sup>2</sup> <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

Son políticas fundamentales del Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Prestar servicios preferentemente a las entidades participantes del Centro y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en sus actividades en forma cooperativa o bien utilizar los elementos del mismo en relación con sus problemas técnicos específicos.
- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica y el adiestramiento y la promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.
- Propiciar el acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala.

Para el cumplimiento de esas políticas, el Centro de Investigaciones como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha establecido relaciones muy fuertes con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV) y la Municipalidad de Guatemala (MUNI). Estas tres entidades son a las que van dirigidos preferentemente los servicios.

Se tiene una relación de prestación de servicios también con otras instituciones estatales municipales del país, comités de comunidades de escasos recursos, organizaciones no gubernamentales (ONG's), sector privado de la construcción y otras industrias, así como en el público en general que solicite los servicios del Centro.

Los programas de Docencia se ejecutan mediante Prácticas de Laboratorio, con apoyo a diferentes Escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades y la promoción en la realización de trabajos de tesis, tanto para estudiantes de los

niveles de pre-grado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.<sup>3</sup>

### **1.1.7. Funciones**

- Fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones en diferentes áreas de ingeniería, en especial aquellos que interesan a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país, y que estén orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Realizar programas docentes en áreas de competencia para colaborar en la formación de profesionales y técnicos y promover la realización de trabajos de tesis en los laboratorios.
- Colaborar en el adiestramiento de técnicos de laboratorio y en la formación de operarios calificados, especialmente en los campos de la construcción y la ingeniería sanitaria.
- Colaborar con los servicios de extensión universitaria.
- Realizar análisis y ensayos de comprobación de calidad de materiales y productos de diversa índole, en áreas de su competencia.
- Realizar inspecciones, evaluaciones, expertaje y prestar servicios de asesoría y técnica y consultoría en materia de su competencia.
- Actualizar, procesar y divulgar la información técnica y documental en las materias afines, en especial en el campo de la tecnología de los Asentamientos Humanos.
- Realizar todas aquellas funciones afines propias de la naturaleza y compatibles con los objetivos.

---

<sup>3</sup> <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

### **1.1.8. Recursos**

Los recursos para la empresa son todos aquellos bienes, servicios y personal que lo conforma, con lo cual es necesario para el funcionamiento de la misma.

#### **1.1.8.1. Naturales**

Dentro de los recursos naturales que cuenta el CII es el uso de la madera como materia prima para la Sección de Tecnología de la Madera. El otro recurso que explota el centro son los análisis de agua potable de la Sección Química y Microbiología Sanitaria que es desarrollado por empleados Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) y personal del CII.

#### **1.1.8.2. Físicos**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería cuenta con el edificio T5, los edificios de Aglomerados y Prefabricado, ubicado a un costado del edificio de Ejercicio Profesional Supervisado, EPS.

#### **1.1.8.3. Humanos**

El recurso humano que cuenta el Centro de investigaciones de Ingeniería se muestra en la siguiente tabla:

Tabla I. **Recurso humano del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>USAC</b>	<b>Municipalidad de Guatemala</b>	<b>TOTAL</b>
Profesional	18	2	20
Técnico	20	4	24
Operativo	11	2	13
Administrativo	7	1	8
<b>TOTALES</b>	<b>56</b>	<b>9</b>	<b>65</b>

Fuente: Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería  
<http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

## 1.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional del Centro de Investigación de Ingeniería es de tipo funcional ya que cuenta con un director general el cual es el encargado de administrar el Centro, este es encargado de dirigir, administrar y coordinar los once departamentos, estos once departamentos a la vez están administrados por un coordinador general el cual delega responsabilidades a el personal a cargo. Se debe respetar y mantener las jerarquías de la organización, así como preservar la independencia de funciones.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería está integrado por distintas secciones que mantienen autonomía de las actividades, que son informadas a la Dirección del mismo.

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Ingeniería, mantienen el compromiso de documentar desarrollar e implementar el Sistema de Gestión de la calidad para lograr la acreditación de los ensayos descritos en el Alcance de este Procedimiento.

La organización del Centro de Investigaciones de Ingeniería incluye los puestos de: director, jefe de Sección de Gestión de la Calidad, directores técnicos de las Secciones, laboratoristas, auxiliar de laboratorio, personal de servicios y mantenimiento, tesorera, secretaria.

### **1.2.1. Secciones del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería**

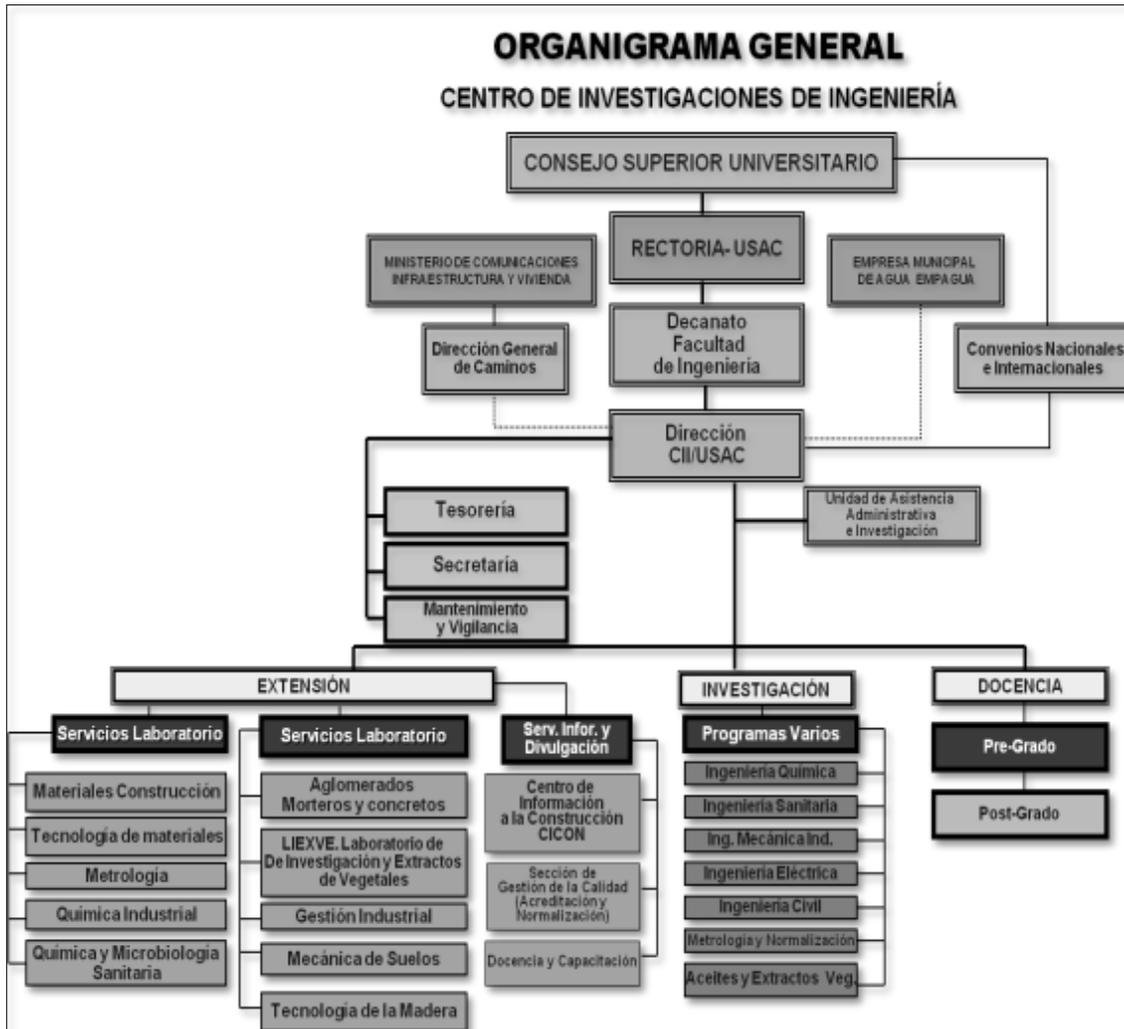
Para la ejecución de las actividades del Centro, se cuenta con las siguientes secciones:

- Concretos y agregados
- Metales y Productos Manufacturados
- Gestión Industrial
- Mecánica de Suelos
- Química Industrial
- Planta Piloto de Extracción de Aceites Esenciales
- Química y Microbiología Sanitaria
- Metrología
- Estructuras
- Centro de Información a la Construcción (CICON)
- Gestión de la Calidad
- Tecnología de la Madera
- Planta Piloto de Extracción de Biodiésel
- Laboratorio de Investigación y Extractos Vegetales (LIEXVE)
- Sección de Ecomateriales
- Topografía y Catastro

### **1.2.2. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

El organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería es de tipo vertical, ya que es jerárquico, con niveles de graduación de responsabilidad y poder en una dirección y disminución de niveles de autonomía y autoridad en el orden.

Figura 2. Organigrama del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.

<http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

### **1.3. Datos generales de la Sección de Gestión de la Calidad**

En esta sección se describirán los aspectos generales como la localización, antecedentes, misión, visión, estructura organizacional, entre otros.

#### **1.3.1. Nombre**

Sección de Gestión de la Calidad

#### **1.3.2. Localización**

Está ubicada en el Área de Prefabricados y Aglomerados, a un costado del edificio del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

Figura 3. **Bosquejo de la ubicación de la Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente:

<https://maps.google.com.gt/maps?q=centro+de+investigaciones+de+ingenier%C3%ADa+usac+&ie=UTF-8&hl=es>. Consulta: noviembre de 2012.

### **1.3.3. Antecedentes**

En el 2005, debido a la necesidad de contar con una sección cuya orientación directamente se relacione con los controles de calidad en la prestación de los servicios en el CII, se crea la Sección Gestión de la Calidad pero no se fundamenta con ningún acuerdo de Junta Directiva enfocando el

trabajo a aspectos generales de normativas de calidad. En el 2007 se asigna al Ing. Oswin Antonio Melgar en cuya dirigencia se agregan funciones en el Área de Producción empezando con la elaboración de productos de limpieza y capacitaciones a estudiantes de prácticas iniciales. En el 2009 se le da mayor énfasis a actividades de acreditación de ensayos de laboratorio bajo la norma ISO 17025, se realizan 2 diplomados, el primero de la norma 17025 y uso de la norma 15189 y se inician a elaborar procedimientos y documentación.

En el 2010 se realiza la solicitud a Junta Directiva presentándose el proyecto de la creación oficial de Gestión de la Calidad según la Carta Oficio No. 018/2010, y el cual fue aprobado el mismo año. Desde ese instante se inicia el proceso de acreditación de 5 ensayos de 4 secciones del Centro de Investigaciones cuyo proceso se mantiene hasta el día de hoy. Actualmente se está trabajando con varios proyectos que se espera den resultados que beneficien a la Facultad de Ingeniería y del se pueda obtener apoyo de diferentes sectores sociales. Los principales proyectos son:

- La acreditación de 5 ensayos de laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería bajo la Norma ISO IEC 17025.
- Creación de la empresa productora de jabón líquido y desinfectante comerciable para la Universidad de San Carlos de Guatemala, que se planea ubicar en el edificio T5 de la Facultad de Ingeniería.
- Desarrollar el Plan de Respuesta Institucional y Atención de Emergencia y Desastre el cual tiene como objetivo desarrollar brigadas de apoyo por parte de la Facultad de Ingeniería para estos casos.
- Otros Proyectos de investigación científica que se están desarrollando tales como el diseño de una casa autosustentable, una propuesta para la reducción de desechos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura.

Desde la oficialización de la Sección de Gestión de la Calidad, se ha logrado recibir un mejor apoyo por parte de la Facultad, pero aún se necesita de muchos recursos para desarrollar de buena forma los proyectos.

#### **1.3.4. Objetivos**

- General

Gestionar y mantener controles de calidad en los procesos administrativos y de servicio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por medio de la mejora continua, fomentando la investigación científica en las áreas de Seguridad Industrial, Producción e Innovación Industrial y Experimental, mediante la ejecución de políticas, estrategias y desarrollo sostenible en las áreas de investigación, desarrollando las líneas de investigación en el área de Gestión de la Calidad, Acreditación y Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO 17025, Desarrollo Humano, Seguridad Industrial y Producción y Empresa.

- Específicos

- Documentar el sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería conforme a la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.
- Elaborar el Manual de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- Desarrollar programas de prevención en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.
- Desarrollar programas de investigación científica en las temáticas de Gestión de la Calidad, Seguridad Industrial y Ocupacional,

Producción e Innovación Industrial y Experimental, Ingenio y Tecnología.

- Desarrollar innovación en productos de limpieza por medio de componentes de producción y empresa.

### **1.3.5. Misión**

Gestionar y mantener controles de calidad en los procesos administrativos y de servicios del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por medio de la mejora continua y la atención en el Servicio al Cliente, manteniendo programas de capacitación al personal en las áreas de aseguramiento de la calidad, seguridad industrial y desarrollo humano, fomentando la investigación científica en las áreas de Gestión de la Calidad, Seguridad Industrial y Ocupacional, Producción e Innovación Industrial y Experimental, mediante la ejecución de políticas, estrategias y desarrollo sostenible en las áreas de investigación, desarrollando las líneas de investigación en el área de Gestión de la Calidad, Acreditación de Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO 17025, Desarrollo Humano, Gestión integral de proyectos.<sup>4</sup>

### **1.3.6. Visión**

A mediano plazo ser líderes en la organización administrativa y tecnológica, que consolide el desarrollo sostenible del Centro de Investigaciones de Ingeniería con un sistema de gestión integrado.<sup>5</sup>

### **1.3.7. Políticas**

En la Sección de Gestión de la calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, trabajamos en la búsqueda de la mejora continua con el compromiso de documentar, implementar y mantener el sistema de Gestión de la Calidad de

---

<sup>4</sup> <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

<sup>5</sup> Íbid

conformidad con la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. Así mismo desarrollamos la cultura de prevención de riesgos por medio de actividades de seguridad industrial y salud ocupacional, nos dedicamos a la investigación científica y al desarrollo de productos innovadores en el área de producción y empresa.<sup>6</sup>

### **1.3.8. Estructura organizacional**

La estructura organizacional de la Sección de Gestión de la Calidad es de tipo funcional, ya que cuenta con un jefe de sección cuya función es dirigir, administrar y coordinar al personal administrativo, dentro de los cuales se tiene: técnicos y auxiliares de laboratorio, epesistas y estudiantes de prácticas finales.

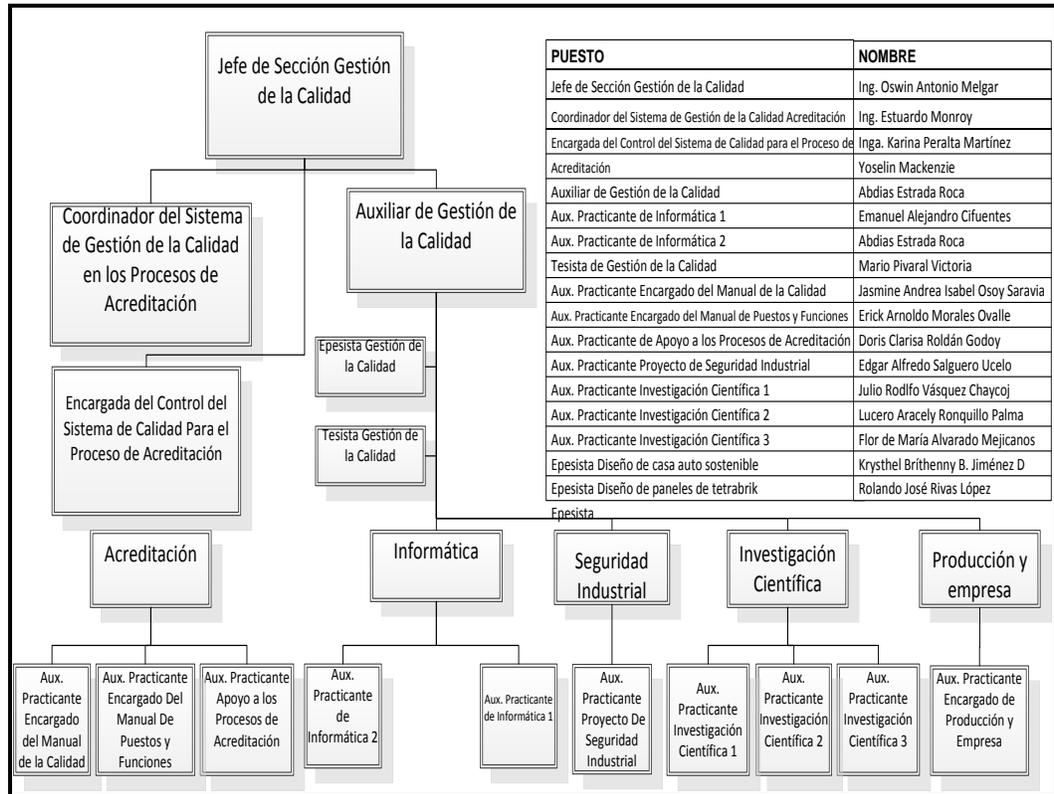
#### **1.3.8.1. Organigrama de la Sección de Gestión de la Calidad**

El tipo de estructura de la Sección de Gestión de la Calidad es de tipo vertical, ya que es jerárquica, con diferentes tipos de niveles y responsabilidades y poder en una dirección y disminución de niveles de autoridad en el orden.

---

<sup>6</sup> Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

Figura 4. Organigrama de la Sección de Gestión de la Calidad



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>.

Consulta: septiembre de 2012.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DE PROCESOS PARA LA RECOLECCIÓN, ACOPIO Y PREPARACIÓN DE ENVASES POSCONSUMO DE TETRABRIK PARA SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PANELES MENORES DE AGLOMERADOS Y USO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES**

### **2.1. Situación actual de la empresa**

La Sección de Gestión de la Calidad en la actualidad tiene como función en el Centro de Investigaciones de Ingeniería la acreditación de los ensayos de laboratorio bajo la Norma ISO 17025 y la creación de desinfectante artesanal. Otras actividades que desarrolla dicha sección es la creación de proyectos de investigación, como el diseño de una casa auto sostenible, una propuesta para la reducción de desechos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura, transformación de envases posconsumo de tetrabrik en paneles menores, entre otros.

#### **2.1.1. Diagnóstico de la situación**

El diagnóstico que se desarrolló en la Sección de Gestión de la Calidad es que no cuenta con un proyecto formal sobre el reciclado o reutilización de los empaques posconsumo de tetrabrik, que en la actualidad no se cuenta con un reciclado para dicho empaque, por lo tanto se plantearon diferentes aspectos como lo son identificar el problema por medio de herramientas de diagnóstico, para este caso se utilizó un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades,

Fortalezas y Amenazas) con el fin de determinar estrategias para el desarrollo de dicho proyecto.

#### **2.1.1.1. Recopilación de antecedentes históricos sobre el proyecto**

En 1951 nace en Suecia este envase de la mano de la empresa Tetra Pak. El nombre de tetrabrik viene de los primeros envases en forma de tetraedro para contener medio litro de leche y del parecido a un ladrillo (*brick* en inglés). Este envase supuso una revolución en este campo debido al ahorro y comodidad a la hora de transportar y almacenar líquidos como por ejemplo leche, bebidas, caldos, etc.

Desde el 2011 la Sección de la Gestión de la Calidad viene desarrollando el proyecto con el fin de buscar fondos externos a la Universidad de San Carlos de Guatemala, como Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) y Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FODECYT), que proporcionan recursos económicos para proyectos de investigación y tecnología con el fin de dar nuevas alternativas correspondientes a una mejora continua en diferentes aspectos sociales, económicos, funcionales entre otros, pero la estratificación del proyecto no estaba concisa.

En el 2012 el encargado de la Sección de Gestión de la Calidad lo propuso como proyecto de prácticas finales en el primer semestre del mismo año, se dio continuidad al proyecto de investigación y en ese semestre se presentó dentro del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) y Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FODECYT). En el segundo semestre se propuso como tema de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), el cual fue aprobado con otros aspectos técnicos.

Se recopiló información, por parte del jefe de la Sección de Gestión de la Calidad, con quien se recabó información sobre los factores positivos y negativos que se pueden desarrollar en el transcurso de la realización del proyecto. Se escogió como herramienta de planeación estratégica el análisis DOFA, por incluir dentro el proyecto diferentes factores políticos, económicos, sociales, entre otros. Se escogió el análisis DOFA, con el fin de tener una mejor perspectiva de las diferentes situaciones, tanto internas como externas que pueden beneficiar o perjudicar el proyecto.

#### **2.1.1.2. Identificación del problema**

La identificación del problema; se dio a raíz de que unas de las funciones de la Sección de Gestión de la Calidad, es el desarrollo tecnológico a partir de proyectos ecológicos, en el cual se originó el proyecto de investigación de paneles a partir de envases posconsumo de tetrabrik, ya que es un problema social, político y económico, para la población en general. En Guatemala, no se cuenta con una empresa o ente público que se dedique al reciclaje o reutilización de los envases de tetrabrik.

Se utilizó un análisis DOFA para el diagnóstico porque es un proyecto de investigación y se busca tener factores externos e internos con el fin de hacer una comparación si el proyecto puede ser implementado, y si efectivamente va a tener rentabilidad en el mercado social, económico y político.

### 2.1.1.3. DOFA

El análisis DOFA es un método de diagnóstico, con el fin de conocer los factores externos (amenazas y oportunidades) e internos (fortalezas y debilidades), que puedan afectar o beneficiar la ejecución del proyecto, con el propósito de crear estrategias a futuro.

Tabla II. Análisis DOFA

<b>ANÁLISIS DOFA</b>	
SITUACIÓN INTERNA	SITUACIÓN EXTERNA
FORTALEZAS	AMENAZAS
<b>COMPARACIÓN</b>	<p>Es nuevo, innovador y ecológico. Se puede convertir en un proyecto industrial.</p> <p>Bajo costo en la compra de los envases de tetrabrik reciclado.</p> <p>Las planchas elaboradas se pueden utilizar en la construcción de viviendas y productos varios.</p> <p>El consumo de materia prima es cotidiano, esto garantiza la existencia de la misma.</p>
	<p>Aplicación nuevas tecnología en producción, por entes públicos o privados.</p> <p>Sobrevaloración del precio de compra de los envases reciclado.</p> <p>Entes públicos y privados no acepten el producto final.</p> <p>El producto tiene productos sustitutos competitivos.</p> <p>Falta de interés de la población en general.</p>
	<b>DEBILIDADES</b>
<b>COMPARACIÓN</b>	<p>No es un proyecto industrializado.</p> <p>Falta de recurso monetarios para la elaboración de los aglomerados de tetrabrik</p>
	<b>OPORTUNIDADES</b>
	<p>Su comercialización abarca el sector inmobiliario y de construcción.</p> <p>Se puede buscar inversión extranjera, con el fin de expandir el producto.</p>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.1.4. Descripción del problema**

En la actualidad, en Guatemala no existe una empresa que se dedique al reciclado del envase de tetrabrik, por lo cual se desarrolló una visita técnica a los recicladores ubicados en la terminal, zona 4 de la ciudad de Guatemala, se entrevistó al personal y se comentó que no compran ni venden el envase de tetrabrik porque no hay quien esté interesado en el material.

Dentro de la Sección de Gestión de la Calidad no se cuenta con este proceso, ya que es un proyecto de investigación científica, por lo tanto surge la necesidad de reutilizar o reciclar los empaques de tetrabrik, con el fin de tener un producto ecológico que pueda ayudar al medio ambiente.

#### **2.1.1.5. Análisis e identificación del área de trabajo**

En la actualidad, en la Sección de Gestión de la Calidad no se cuenta con un área adecuada para la realización del proyecto y actividades a fin. Dentro de dicha sección solo se encuentra con un espacio físico de 9,45 metros por 3,68 metros, en el cual un tercio es ocupado para almacenamiento de materia prima y productos varios. Los dos tercios restantes son para el personal de dicha área, el cual cuenta con el jefe de sección, personal administrativo, practicantes y epesistas, en el que cada semestre tiene un promedio de 15 personas y esto dificulta el espacio físico, tecnológico etc.

El Área de Operación para el diseño de la implementación del sistema productivo de transformación de paneles a partir de los envases posconsumo de tetrabrik, no existe un espacio físico en el cual pueda ser implementado por parte de la Sección de Gestión de la Calidad.

### 2.1.1.6. Estrategias

Las estrategias se plantearon conforme al análisis DOFA

Tabla III. Comparación del análisis DOFA

<b>Estrategia FO</b>	<b>Estrategia DO</b>
Exportar hacia otros países, con el fin de abarcar más mercados.	Buscar inversionistas con el fin de tener capital monetario, para mejorar el proceso de producción y distribución de los productos finales.
<b>Estrategia FA</b>	<b>Estrategia DA</b>
Investigar nuevas tecnologías para mejorar el proceso productivo y tener mayor capacidad de producción.	Diseñar eficientemente las nuevas fuentes de tecnología, conforme al recurso monetario.

Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Propuesta

Dentro de la propuesta, se diseñó una planta industrial, conforme al proceso de transformación de los envases de tetrabrik posconsumo, en el cual se incluye la descripción de los procesos conforme a las estaciones de trabajo así como el diseño y creación de prototipos, estudio de trabajo, análisis de costos entre otros.

### 2.2.1. Diseño de planta industrial

Consiste en diseñar todos los requerimientos de infraestructura, maquinaria entre otros, a partir del proceso de producción de la misma. Dentro de sus requerimientos están: la localización industrial, qué tipo de edificio se va a diseñar, techos industriales, pintura, iluminación, entre otros.

### **2.2.1.1. Localización industrial**

La localización industrial para una planta nueva conforme al proceso productivo se basa en analizar factores para la correcta ubicación de la misma dentro del territorio de la ciudad de Guatemala, para lo cual se basó en el Reglamento de Localización e Instalación que tiene vigente la Municipalidad de Guatemala (MUNI).

#### **2.2.1.1.1. Reglamento de Localización e Instalación Industrial vigente en la Municipalidad de Guatemala (MUNI)**

La localización metropolitana es un método implementado para la correcta ubicación de plantas industriales. Dicho método se basa en principios básicos que permiten clasificar la empresa a localizar, mediante el tipo de industria y actividad que esta ejerce y de este modo lograr así la ubicación, sin emitir ningún efecto dañino con el entorno.

Para el proceso de elaboración de paneles a partir de envases de tetrabrik, conforme a las pruebas prácticas desarrolladas, se tomó como referencia un taller de madera, ya que se desarrolló en la Sección de Tecnología de la madera.

Pasos para la localización metropolitana:

- Localizar en la tabla de índices conforme a la Clasificación Internacional Uniforme (CIIU), el número de agrupación, grupo y subgrupo al que pertenece.

Esta clasificación se encuentra dada por tres categorías, las cuales consisten en:

- Agrupación: consiste en un grupo genérico en el cual se enumera mediante dos dígitos, iniciando la numeración desde el número veinte hasta el número treinta y nueve. Esta define el tipo de industria en términos generales, con lo cual se escogió: industria de la madera y de corcho, excepto la fabricación de muebles.

Figura 5. **Selección de agrupación conforme a al reglamento de la MUNI**

Agrupación	Grupo	Sub-Grupo
25		<b>INDUSTRIAS DE LA MADERA Y DEL CORCHO, EXCEPTO LA FABRICACION DE MUEBLES</b>  Comprende los aserraderos y talleres de acepilladura, la fabricación de tablas para tonelerías, planchas y madera terciada; establecimientos dedicados a la conservación de la madera y a la fabricación de productos acabados hechos total o principalmente de madera, bambú, caña y corcho. La fabricación de muebles de madera figura en el Grupo 260 (fabricación de pianos a instrumentos musicales de madera se incluyan en el Grupo 395).

Fuente: <http://dct.muniguate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

- Grupo: el número de grupo define una especificación acerca de la industria seleccionada. Este número se especifica mediante tres dígitos numéricos, de los cuales los primeros dos consisten en el número de agrupación y el tercero se inicia en 1 hasta n subgrupos que tenga el grupo seleccionado, para lo cual se escogió: aserraderos, talleres de acepilladura y otros talleres para trabajar la madera, en el cual el número de grupo es el 251.

Figura 6. **Selección de grupo conforme al reglamento de la MUNI**

Agrupación	Grupo	Sub-Grupo
	251	<p><b>ASERRADEROS, TALLERES DE ACEPILLADURA Y OTROS TALLERES PARA TRABAJAR LA MADERA</b></p> <p>Incluye los establecimientos que se dedican a transformar las trozas de madera, en tablas, cuartones, vigas, machimbre, costaneras, regla pacha y molduras; planchas y madera terciada (tablex, plywood, etc.). Trabajos en torno. Queda comprendida la conservación de la madera.</p>

Fuente: <http://dct.muniguate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

- Subgrupo: número que identifica y define las subdivisiones de los grupos seleccionados. Este se define mediante cuatro dígitos numéricos, de los cuales los primeros tres se definen de acuerdo al número de grupo y el tercero es el que rige el subgrupo específico. En el cual se escogió: carpintería y ebanistería (tallado de muebles en estilo especial) con el número 2514.

Figura 7. **Selección de subgrupo conforme al reglamento de la MUNI**

Agrupación	Grupo	Sub-Grupo
		2513
		Carpinterías y ebanisterías (tallado de muebles en estilos especiales)

Fuente: <http://dct.muniguate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>. Consulta: agosto de 2013.

- Teniendo el número de subgrupo se busca en la tabla específica de Grupos industriales, el número de subgrupo 2513, el cual pertenece al grupo industrial 2.

Figura 8. **Tabla de grupo industriales conforme al reglamento de la MUNI**

**CUADRO No. 1  
GRUPOS INDUSTRIALES**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2312	2201	2011	3701	2601	3601	2016	2311	2910	3111
2313	2202	2012	3702	2606	3602	2041	2314	3121	3112
2319	2203	2013	3703		3603	2051	2315	3122	3113
2321	2209	2014	3704	3001	3604	2052	2316	3192	3119
2322		2015	3705	3002	3609	2053	2331	3194	3130
2391	2513	2017	3709	3003		2054		3195	3191
2399	2529	2018		3004	3841	2055	2511		3193
	2591	2019	3911	3009	3842	2056	2512	3411	3196
2411	2592	2021	3912		3843	2059		3421	3198
2420	2599	2022	3913		3851		2710		
2431		2023	3914		3852	2071		3820	3211
2432	2602	2029	3915	3311	3853	2072	3993	3831	3291
2433	2603	2031	3921	3312	3859	2073		3832	3299
2434	2604	2032	3922	3319	3891	2074		3833	

Fuente: <http://dct.muniguatae.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

- Se busca en la tabla específica de Categorías Industriales, con base en los factores que señale la empresa, se debe buscar a que categoría pertenece cada factor, si un factor pertenece a más de una categoría entonces se selecciona la mayor. Los factores seleccionados fueron escogidos a partir de las pruebas prácticas que se desarrollaron, y se escogió la categoría III.

Figura 9. **Tabla de categorías industriales 1 conforme al reglamento de la MUNI**

CATEGORIAS INDUSTRIALES							
	1	2	3	4	5	6	7
CATEGORIA	FORMATO OCUPACIONAL No. DE TRABAJADORES	PESO MATERIALES KG. EQUIPO PRODUCTOS	RUIDO Y VIBRACIONES DECIBELES	K/UMOUNIDADES RINGELMAN	OLOR	POLVO Y SUCIEDAD GR/M3	GASES NOCIVOS PARTES/MILLON
I	1-4	500	0	0	SIN OLOR	0	0
II	5-9	1000	15	0	SIN OLOR	0	0
III	10-19	2000	20	1	LEVE NO MOLESTO	0.23	0
IV	20-99	4000	35	1	NO MOLESTO	0.46	CONCENTRACION NO TOXICA
V	100	4000	60	2	MOLESTO	0.69	CONCENTRACION NO TOXICA
VI	100	4000	80	2	MUY MOLESTO	+0.69	CONCENTRACION TOXICA DE 20 150m O MAS

Fuente: <http://dct.munigate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

Figura 10. **Tabla de categorías industriales 2 conforme al reglamento de la MUNI**

8	9	10	11	12	13	14
INCENDIO Y EXPLOSION	DESECHOS LIQUIDOS	DESECHOS SOLIDOS	TRANSPORTE	TRANSITO VEHICULO/ HORA	INTEGRACION ARQUITECTONICA URBANA	EFFECTOS
SIN RIESGO	INOCUOS	INOCUOS	VIAL PICK-UP	5	A	NEUTRO
SIN RIESGO	INOCUOS	ORGANICOS	VIAL PICK-UP	5	A	NEUTRO
RIESGO POCO PROBABLE	INOCUOS	MINERALES NO METALICOS	VIAL CAMION LIVIANO	10	A	NEUTRO
RIESGO CONTROLABLE	REQUIERE TRATAMIENTO ESPECIAL	MINERALES METALICOS	VIAL CAMION PESADO FERROVIARIO	15	B	LIG. NEGATIVO
RIESGO CONTROLABLE	REQUIERE TRATAMIENTO ESPECIAL	ACTIVOS QUIMICOS RADIOACTIVOS	VIAL CAMION PESADO FERROVIARIO	20	C	NEGATIVO
RIESGO NO CONTROLABLE	REQUIERE TRATAMIENTO ESPECIAL	ACTIVOS QUIMICOS RADIOACTIVOS	VIAL CAMION PESADO FERROVIARIO	20	C	NEGATIVO

Fuente: <http://dct.muniguatemala.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

- Se busca la matriz de localización industrial, que no es más que la tabla de relación entre el grupo industrial y la categoría industrial, que en este caso el grupo industrial es 2 y la categoría industrial es de III, el valor entre estos dos valores es C.

Figura 11. **Matriz de localización industrial conforme al reglamento de la MUNI**

**CUADRO No. 3**  
**MATRIZ DE LOCALIZACION INDUSTRIAL**

Categoría:	Grupo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I		A	A	B	B	C	C	D	D	E
II		A	B	B	C	C	C	D	D	E
III		C	C	C	C	C	D	D	E	E
IV		D	D	D	D	D	D	E	E	F
V		E	E	E	E	E	E	E	F	F
VI		F	F	F	F	F	F	F	F	F

Fuente: <http://dct.muniguate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.  
Consulta: agosto de 2013.

Figura 12. **Localización permitida conforme al capítulo III reglamento de la MUNI**

**LOCALIZACION A:** En edificios de varios pisos destinados a usos varios (viviendas en multifamiliares o apartamentos, oficinas y comercio), en sectores A, B, C, y D.\*

**LOCALIZACION B:** En edificios de uno o dos pisos construidos para vivienda o comercio en sectores A y B,\* o en edificios propios para industria en sectores C y D.\*

**LOCALIZACION C:** En edificios propios para industria en bloques o manzanas de vivienda o comercio, en sectores A y B.\*

**LOCALIZACION D:** En zonas de tolerancia industrial

\* Determinados en el Reglamento de Construcción

Fuente: <http://dct.muniguate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.  
Consulta: agosto de 2013.

- Se ubica en la tabla de matriz de zonas de tolerancia industrial por factores la localización de la zona industrial, conforme al grupo industrial 2 y categoría industrial III, en el cual se escoge el reglón donde más veces aparece la categoría industrial, que en este caso es III.

Figura 13. **Localización permitida conforme al capítulo III reglamento de la MUNI**

ZONAS DE TOLERANCIA INDUSTRIAL															
ZONA INDUSTRIAL	GRUPOS TOLERADOS	CATEGORIA TOLERADA (POR FACTORES)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I-1	1-24-5-7-8-9	V	V	VI	VI	V	VI	IV	IV	III	IV	V	II	V	IV
I-1.1	1-24-5-7	VI	II	IV	II	II	II	II	II	III	IV	II	II	II	II
I-2	1-24-5-7-8-9	V	V	V	V	IV	V	IV	IV	III	IV	V	II	IV	IV
I-3	1-24-5-7	II	II	III	II	II	IV	II	II	III	IV	II	II	II	III
I-4	1-23-4-5-7	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	IV	IV	V	V	II	III
I-5	1-23-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	IV	IV	IV	V	II	III
I-6	1-23-4-5	IV	V	IV	IV	II	II	II	II	IV	IV	II	IV	II	II
I-7	1-24-5-7-8-9	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	III	IV	IV	V	II	III
I-8	1-24-5-7	V	V	V	IV	II	II	II	IV	III	IV	IV	V	II	III
I-9	1-23-4-5-6-7	IV	IV	IV	IV	II	II	II	II	III	IV	IV	IV	II	III
I-10	1-23-4-5-6-7	V	V	VI	IV	II	II	II	IV	III	IV	IV	V	II	II
I-11	1-23-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	II	II	IV	V	IV	V	V	II	II
I-12	1-23-4-5-6-7-9	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	IV	IV	V	V	II	II
I-13	1-23-4-5-6-7-9	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	IV	IV	V	V	IV	IV
I-14	1-23-4-5-6-7-9	IV	IV	IV	VI	II	II	II	IV	IV	V	V	II	II	II
I-15	1-23-4-5-6-7-9	V	V	V	II	II	II	II	IV	IV	V	V	II	II	II
I-16	1-23-4-5-6-7-8-9	V	V	V	IV	IV	II	II	IV	V	V	V	V	IV	II
I-17	1-23-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	IV	IV	V	V	II	IV
I-18	1-23-4-5-6-7	V	V	V	IV	IV	IV	II	IV	IV	III	IV	V	II	II

Fuente: <http://dct.muniguate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

- Con el resultado de la zona de tolerancia industrial se obtiene la localización industrial, la cual se basa en el capítulo III del documento de las zonas de tolerancia industrial, que se divide en 19 zonas, en el cual la zona ubicada es la zona I.1.1.

Figura 14. **Localización industrial zona I.1.1 conforme al reglamento de la MUNI**

**Zona I.1.1** Partiendo de la 35 Calle y Avenida Petapa, a lo largo de esta última hacia el Sur, hasta su intersección con la línea férrea, doblando allí hacia el Poniente siguiendo su prolongación hasta la orilla del barranco, luego siguiendo ésta hacia el Norte, hasta encontrar la prolongación de la 35 Calle, doblando allí hacia el Oriente hasta encontrar su punto de origen.

Fuente: <http://dct.munigate.com/images/construccion/regla05/re2.pdf>.

Consulta: agosto de 2013.

Figura 15. **Bosquejo de la zona I.1.1**



Fuente: <https://maps.google.com.gt/maps?q=35+calle+y+avenida+petapa&ie=UTF-8&hl=es>.

Consulta: agosto de 2013.

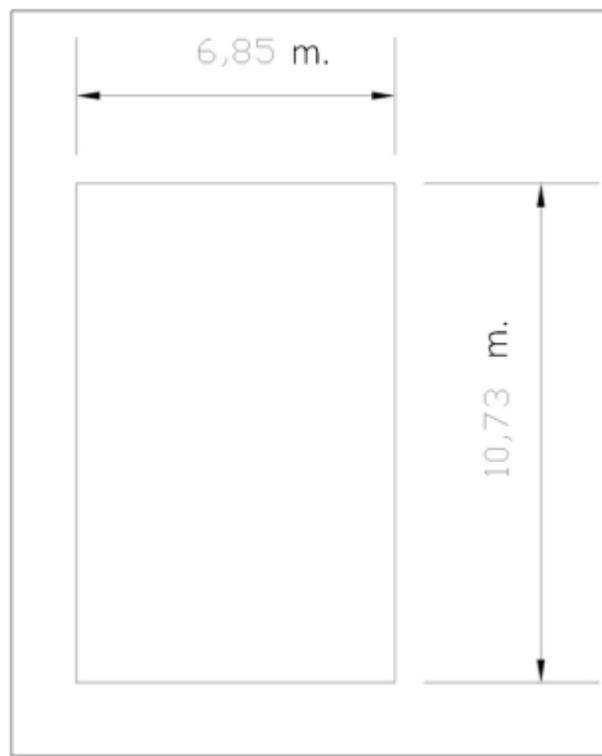
### **2.2.1.2. Edificio industrial**

Los edificios son todas aquellas estructuras, diseñadas para satisfacer funcionalmente las necesidades de la industria, tomando en consideración las áreas productivas e improductivas necesarias para el funcionamiento óptimo, para lo cual se diseñará aspectos técnicos como lo son techos, ventilación, iluminación, pisos, pintura entre otros.

### 2.2.1.2.1. Clases de edificios

La clase de edificio que se propuso es uno de una planta, con el fin de tener mayor flexibilidad de distribución de las instalaciones en el piso de la fábrica, con bajo costo de terreno, menos terreno perdido en columnas y escaleras, inspección fácil y eficaz, bajo costo global de funcionamiento, entre otros.

Figura 16. **Bosquejo del espacio físico propuesto de la planta industrial**

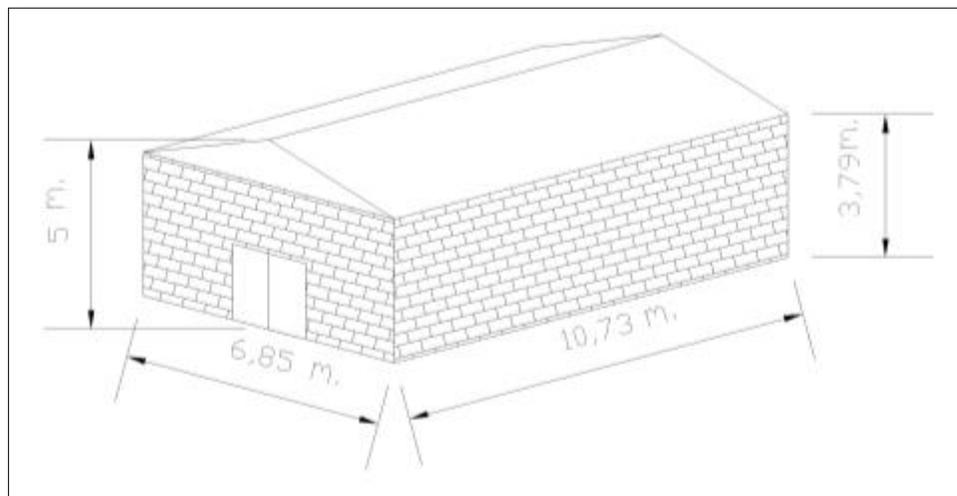


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

### 2.2.1.2.2. Tipo de edificación

El tipo de edificación que se propuso es un tipo de edificio de segunda categoría, ya el tipo de edificación es la aplicación de la cubierta superior de láminas de zinc, y las paredes se combinarán con columna de concreto armado y block, dentro de esta clase de edificio, se llevará un entrepiso de concreto armado, las ventanas serán estructuras a partir del aluminio y las puertas de madera.

Figura 17. **Isométrico planta industrial propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

Se escogió este tipo de edificación porque tiene una mejor ventilación y espacio físicos en el interior, son de montaje fácil y rápido, ya que los elementos estructurales principalmente son prefabricados, como una opción a futuro, para tener un ejemplo de los paneles de tetrabrik posconsumo, en sustitución de otros prefabricados.

### **2.2.1.3. Techo industrial**

El techo industrial que se propuso, es un techo de dos aguas con lámina de 14 pies de largo e inclinación de 20 grados sobre la horizontal. Se escogió el techo a dos agua porque la instalación de las luminarias son más fácil, por lo que favorece la iluminación así como también se pueden colocar ventiladores, lo que favorece la ventilación, otro factor importante es que la instalación es rápida y desmontable, pudiéndose utilizar en otros lugares.

### **2.2.1.4. Aspectos técnicos**

Los aspectos técnicos que se propuso fueron principalmente:

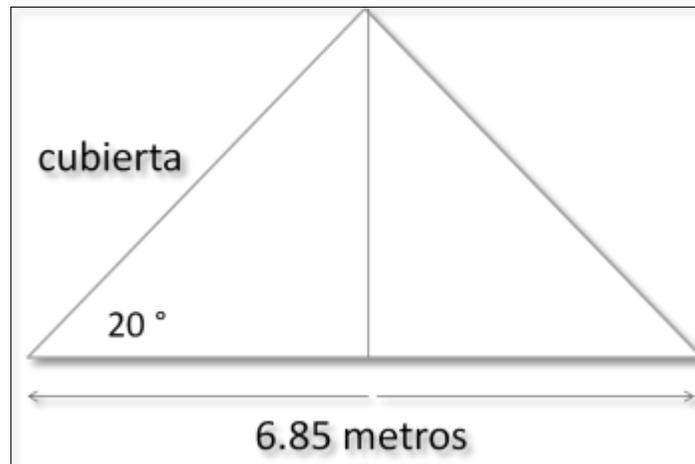
- Tipo de techo
- Ventilación industrial
- Piso industrial
- Iluminación industrial
- Control de ruido

### **2.2.1.5. Tipos de techos**

El tipo de techo es a dos aguas con las siguientes medidas:

- Lámina de 14 pies de largo y 32 pulgadas de ancho.
- Las dimensiones de la planta son de 6,85 metros de ancho por 10,73 metros de largo.
- Inclinación del techo es a 20 grados sobre la horizontal.

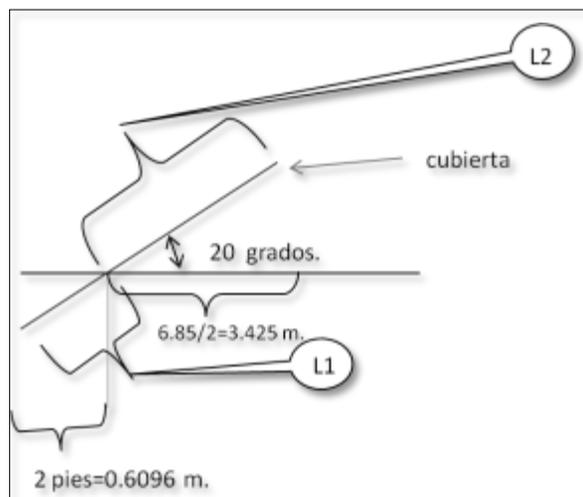
Figura 18. **Techo a dos aguas**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo:

Figura 19. **Gráfico del techo industrial propuesto**



Fuente: elaboración propia.

- Ley de cosenos:

$$L1 = \frac{0,6096 \text{ metros}}{\cos 20} = 0,6487 \text{ metros}$$

$$L2 = \frac{3,425 \text{ metros}}{\cos 20} = 3,6448 \text{ metros}$$

- Total del ancho:

$$L_{\text{total}} = 0,6487 + 3,6448 = 4,2935 \text{ metros}$$

- Largo del techo:

$$\text{aleros traseros} = 0,6096 \text{ metros}$$

$$\text{aleros delanteros} = 0,6096 \text{ metros}$$

$$\text{largo del techo} = 10,73 + 0,6096 + 0,6096 = 11,9492 \text{ metros}$$

- Área total del techo:

$$\text{área total del techo} = 2 * \text{ancho} * \text{largo}$$

$$\text{área total del techo} = 2 * 4,2935 * 11,9492$$

$$\text{área total del techo} = 102.6078 \text{ metros cuadrados}$$

- Área útil de láminas:

- 1 pie= 0,3048 metros
- 14 pies= 4,2672 metros
- 1 pulgada=0,254 metros
- 32 pulgadas= 0,8128 metros

$$\text{largo de lámina} = 4,2672 - (2 * 0,0508) = 4,1656 \text{ metros}$$

$$\text{ancho de lámina} = 0,8128 - (2 * 0,0508) = 0,7112 \text{ metros}$$

$$\text{área util de lámina} = 4,1656 * 0,7112 = 2,9652 \text{ metros cuadrados}$$

- Número de láminas:

$$\text{número de láminas} = \frac{\text{área a cubrir techo}}{\text{área útil de lámina}}$$

$$\text{número de láminas} = \frac{102,6078}{2,9652} = 34,3 = 34 \text{ láminas}$$

- Cantidad de láminas:

$$\text{láminas galvanizadas (70 \%)} = 34 * 0,7 = 23,8 = 24 \text{ láminas}$$

$$\text{láminas plasticas(30 \%)} = 34 * 0,3 = 10,3 = 10 \text{ láminas}$$

La cantidad de láminas que se necesita para la construcción del techo industrial en el área propuesta, es de 24 láminas galvanizadas y 10 láminas de plástico, para una medida estándar de lámina de 14 pies de largo por 32 pulgadas de ancho.

#### **2.2.1.6. Ventilación industrial**

En esta sección se desarrollará una serie de pasos para poder determinar el área de las ventanas y ventilar adecuadamente los ambientes de trabajo.

- Datos:
  - Las dimensiones de la planta son de 6,85 metros de ancho por 10,73 metros de largo.
  - Altura de 5 metros.

- Cálculo:

- Fórmula del caudal:

$$Q = c * A * v \text{ (ecuación 1)}$$

- Se despeja el área de ecuación 1

$$A = \frac{Q}{c * v} \text{ (ecuación 2)}$$

- Donde:

- ✓ Q= flujo de aire en metros cúbicos
- ✓ c= coeficiente de entrada de la ventana
- ✓ A= área de paso de la ventana en metro cuadrado
- ✓ v= velocidad del aire

- Fórmula caudal a renovar:

$$CA = v * \frac{\text{No. R}}{\text{hora}}$$

- Donde:

- ✓ CA= caudal de aire en metros cúbicos por hora
- ✓ V= volumen de aire que se desea renovar
- ✓ No. R= número de renovaciones de aire por hora

- Volumen de la planta industrial:

$$v = 6,85 * 10,73 * 5 = 367,5 \text{ metros cúbicos}$$

- Se escoge la renovación de taller, ya que se desarrollo en un taller de madera.

Figura 20. **Tabla de renovación del aire en número de veces/hora**

RENOVACION DE AIRE, NUMERO DE VECES POR HORA	
Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales, enfermedades epidémicas	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 100.

- Donde:
  - $V=367,5$  metros cúbicos
  - No. R/ hora= 4

$$CA = 367.5 * 4 = 1,470 \frac{\text{metros cúbicos}}{\text{hora}}$$

- Coeficientes de entrada de aire de la ventana longitudinal y perpendicularmente.

Figura 21. **Coefficiente de entrada de la ventana**

C	CARACTERÍSTICAS
0.25-0.35	Cuando actúa longitudinalmente
0.3 -0.5	Cuando actúa perpendicularmente

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 101.

- Ecuación 2, área de paso de las ventanas

- Donde:

- $Q=1\ 470$  metros cúbicos/ hora
- $c= 0,25$  longitudinalmente
- $v= 1\ 000$  metros/ hora

$$A = \frac{1\ 470}{0,25 * 1\ 000} = 5,88 \text{ metros cuadrados}$$

- Medidas de ventanales

- $A= 5,88$  metros cuadrados
- largo del edificio= 10,73 metros
- ancho del edificio= 6,85 metros
- fórmula de área:
  - $A= \text{largo} * \text{ancho}$

- Distribución de tamaño de ventanas para el largo del edificio.

$$5,88 = 10,73 * \text{ancho}$$

$$\text{ancho} = 0,55 \text{ metros}$$

- Distribución de tamaño de ventanas para el ancho del edificio.

$$5,88 = 6,85 * \text{ancho}$$

$$\text{ancho} = 0,86 \text{ metros}$$

Por lo que se puede concluir que se pueden hacer ventanas de 0,55 metros de ancho en las dos paredes de 10,73 metros de largo y 0,86 metros de ancho en las dos paredes de 6,85 metros.

### **2.2.1.7. Pisos industriales**

Para el tipo de piso industrial se aplicará fundición de concreto conforme a la relación de 1 medida de cemento, 0,5 de arena y 1 de pedrín, en el cual se fundirán 15 pulgadas de espesor.

- 1 pie= 12 pulgadas

$$= 2(\text{doble de espesor en pulgadas}) \text{ expresada en pies}$$

$$= 2(15) = 30 \text{ pulgadas} = 2,5 \text{ pies}$$

Esto indica que el recuadro debe de ser de 2,5 pies por 2,5 pies cada uno. En cuanto al tamaño de la sisa, se acostumbra que no se deba de exceder de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de ancho por  $\frac{1}{4}$  de pulgada de profundidad.

### 2.2.1.8. Pintura industrial

La pintura industrial para dicha planta tiene que tener nivel regular en reflectancia, ya que la iluminación industrial será a partir de iluminación natural, por lo consiguiente se necesita una reflectancia regular para las estaciones de trabajo.

El tipo de pintura que se usará, será de color aluminio, con un nivel de reflectancia del 75 al 85.

Figura 22. **Tabla de color conforme a la luz reflejada**

LUZ REFLEJADA		
COLOR	REFLEXION	%
PLATA	REGULAR	80-90
ALUMINIO	REGULAR	75-85
ENCALADO/YESO	DIFUSA	60-70
ARCE	DIFUSA	60
Hormigón	DIFUSA	15-40
NOGAL	DIFUSA	15-20
LADRILLO	DIFUSA	5-25
ESMALTE BLANCO	MIXTA	70-90
CROMO SATINADO	MIXTA	55-58

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 113.

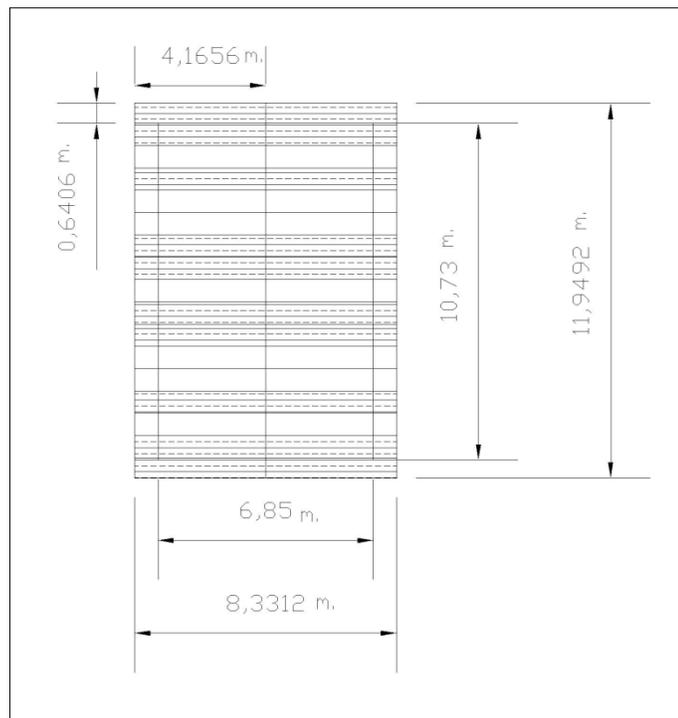
### 2.2.1.9. Iluminación industrial

La iluminación que se utilizará será natural tanto en las paredes como en el techo, ya que para optimizar costos no se utilizará iluminación generada con electricidad, por lo tanto se utilizará un porcentaje del área del techo para

instalar lámina de policarbonato transparente y en las paredes diseñar las ventanas para tener un aprovechamiento de luz eficiente.

- Diseño del techo industrial
  - Datos:
    - 34 láminas
      - ✓ 20 láminas de galvanizadas, 10 por lado
      - ✓ 14 láminas de policarbonato, 7 por lado
    - Largo del techo: 11,9492 metros
    - Ancho del techo 8,3312 metros

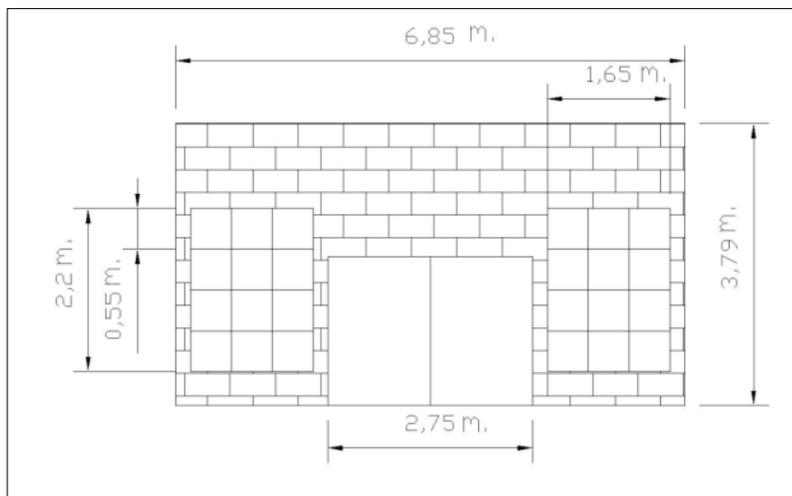
Figura 23. **Diseño de techo industrial**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

- Diseño de ventanas conforme a las medidas de la planta industrial.
  - Diseños:
    - Ancho de ventana 0,55 metros para pared de 6,85 metros.

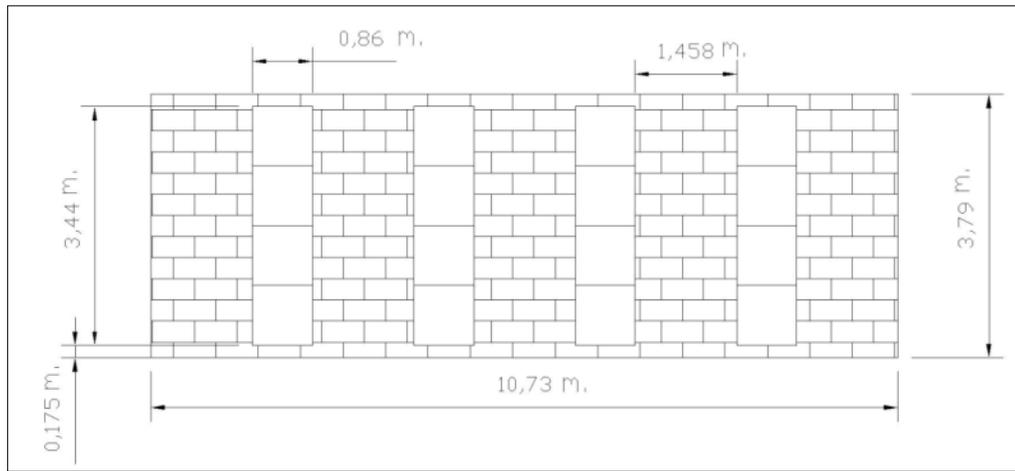
Figura 24. **Diseño de ventanas para pared de 6,85 metros**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

- Ancho de ventana 0,86 metros para pared de 10,73 metros.

Figura 25. **Diseño de ventanas para pared de 10,73 metros**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

### 2.2.1.10. Control de ruidos

En las estaciones de corte a medida, centro de acopio, prensado a calor, bodega de materia prima y producto terminado, no es necesario utilizar protección para los oídos ya que en dichas estaciones de trabajo no se usó ninguna maquinaria para el proceso productivo.

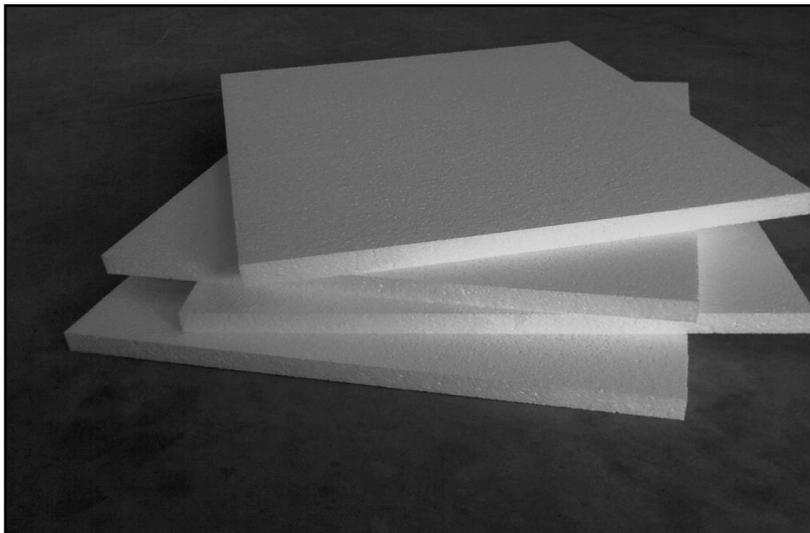
Dentro del control de ruido, se tomó como referencia el tiempo expuesto en la Sección de Tecnología de la madera, ya que solo se utilizó una maquinaria que fue la sierra de cinta, y como especificaciones de seguridad industrial de dicha sección, es necesario utilizar protección contra el ruido, durante la utilización de dicha maquinaria.

Las medidas de mitigación de la planta industrial se enfocaron en la estación de corte a medida y ensamblado, ya que en dicha estación se utilizará la maquinaria de sierra de cinta, por ende es necesario proponer medidas de mitigación para el espacio físico de la planta industrial que esté afectada así como para el operario.

- Medida de mitigación de la planta industrial

Esta parte se desarrollará en el espacio físico de la estación de corte a medida y ensamblado ya que la máquina que se va a utilizar es la sierra de cinta. Se propondrá un ensamblaje en las paredes de dicha estación con paneles de poliestireno expandido (duroport) que permite mitigar el ruido hacia las demás estaciones de trabajo.

Figura 26. **Plancha de poliestireno expandido (duroport)**



Fuente: [http://www.ps6aplicaciones.com/productos/planchas-eps\\_802802\\_1.html#prettyPhoto/0/](http://www.ps6aplicaciones.com/productos/planchas-eps_802802_1.html#prettyPhoto/0/). Consulta: marzo de 2014.

- Medida de mitigación para el operario

Las medidas para mitigar el ruido para el operario que va a manejar la sierra de cinta es la utilización de tapones industriales.

Figura 27. **Tapones industriales**



Fuente: <http://audicionenbateristas.blogspot.com/2012/09/el-problema-con-los-tapones.html>.

Consulta: marzo de 2014.

### **2.2.2. Diseño de prototipos para el proceso de elaboración de paneles de tetrabrik**

Para del proceso de transformación de los envases de tetrabrik posconsumo en planchas del mismo material y así poder crear un producto innovador, se diseñaron diferentes prototipos, con la finalidad de mejorar un proceso ya existente, como es el caso del corte de los empaques, o simplemente para crear un nuevo proceso, como es el proceso de calentamiento a compresión. Dentro del diseño de los prototipos se

desarrollaron varias fases, con el fin de tener un orden dentro del diseño a partir de las diferentes estaciones de trabajo.

- Etapas para el diseño y creación de los prototipos
  - Materiales
  - Instructivo de uso
  - Planos
  - Pruebas
  - Resultados

#### **2.2.2.1. Corte de envases de tetrabrik**

Unos de los problemas para poder abrir los empaques de tetrabrik es que se utilizan tijeras convencionales, por tanto para el operario se vuelve agotador, ya que no tiene una ergonomía apta para el proceso productivo. Por lo tanto se diseñó y se creó un prototipo a partir de madera, rieles, cuchillas, entre otros.

- Materiales
  - Tablas de plywood y pino
  - 2 cuchillas convencionales de 15 centímetros
  - Juego de rieles 10 de 1 pie de largo
  - Tornillos para madera de 1 pulgada
  - Clavos de 1 pulgada
  - Pegamento para madera (cola)

- Instructivo de uso
  - Se corta una punta del envase de tetrabrik con una cuchilla convencional.
  - Se coloca el envase de tetrabrik en la parte izquierda del prototipo con la abertura hacia abajo y del lado derecho dónde se ubica la cuchilla.
  - Se introduce la cuchilla en la abertura del empaque de tetrabrik.
  - Se sujeta el empaque de tetrabrik con la mano izquierda.
  - Con la mano derecha se hace un movimiento vertical hacia arriba y luego hacia abajo, con el cual se cortará el empaque de tetrabrik por la parte lateral del mismo.
  - Se retira el empaque de tetrabrik del prototipo.
  - Se procede a abrir el empaque por la parte superior e inferior con las dos manos.
  - Se coloca el empaque de tetrabrik en el lugar de almacenaje para la limpieza.

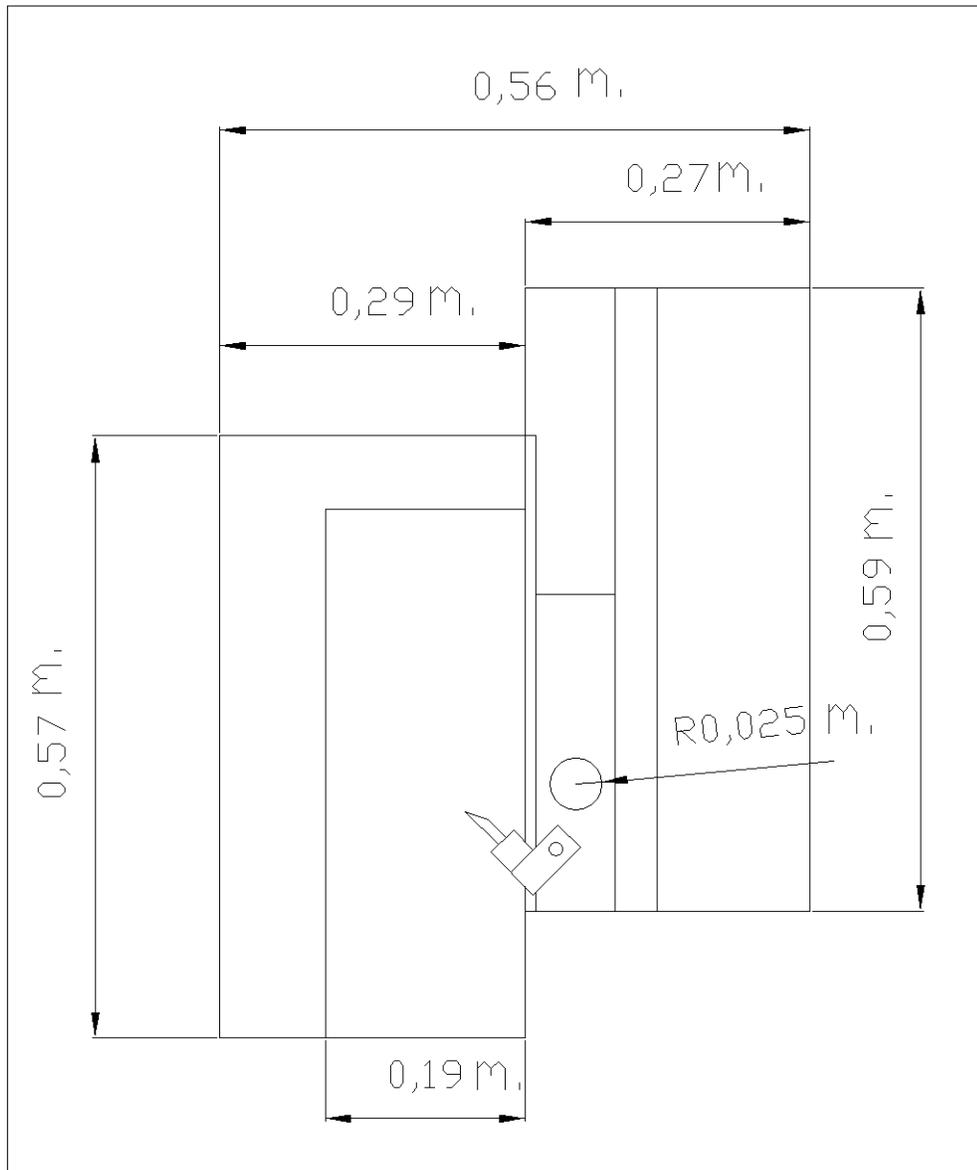
Figura 28. **Bosquejo del funcionamiento del prototipo de corte**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Planos

Figura 29. Plano de prototipo de corte de los envases de tetrabrik



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

Figura 30. **Prototipo de corte de los empaques de tetrabrik**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- **Pruebas**

Las pruebas que se desarrollaron con el prototipo de corte de los empaques de tetrabrik, se basaron en una comparación de tiempos entre el método actual, que es usando tijeras convencionales, y el método mejorado, que es el prototipo.

Figura 31. **Comparación del método actual y el método mejorado**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC

- **Resultados**

Se realizaron tandas de 5 empaques de tetrabrik, con el sistema de corte actual y el mejorado, pudiéndose concluir que utilizando el prototipo se ahorra un promedio de 20 segundos.

Tabla IV. **Comparación de los métodos de trabajo**

<b>Métodos de trabajo</b>	<b>Envases de tetrabrik 1 litro</b>	<b>Tiempo (s)</b>
Método corte con tijeras	5	73
Prototipo propuesto	5	53
	<b>Ahorro de tiempo</b>	<b>20</b>

Fuente: elaboración propia.

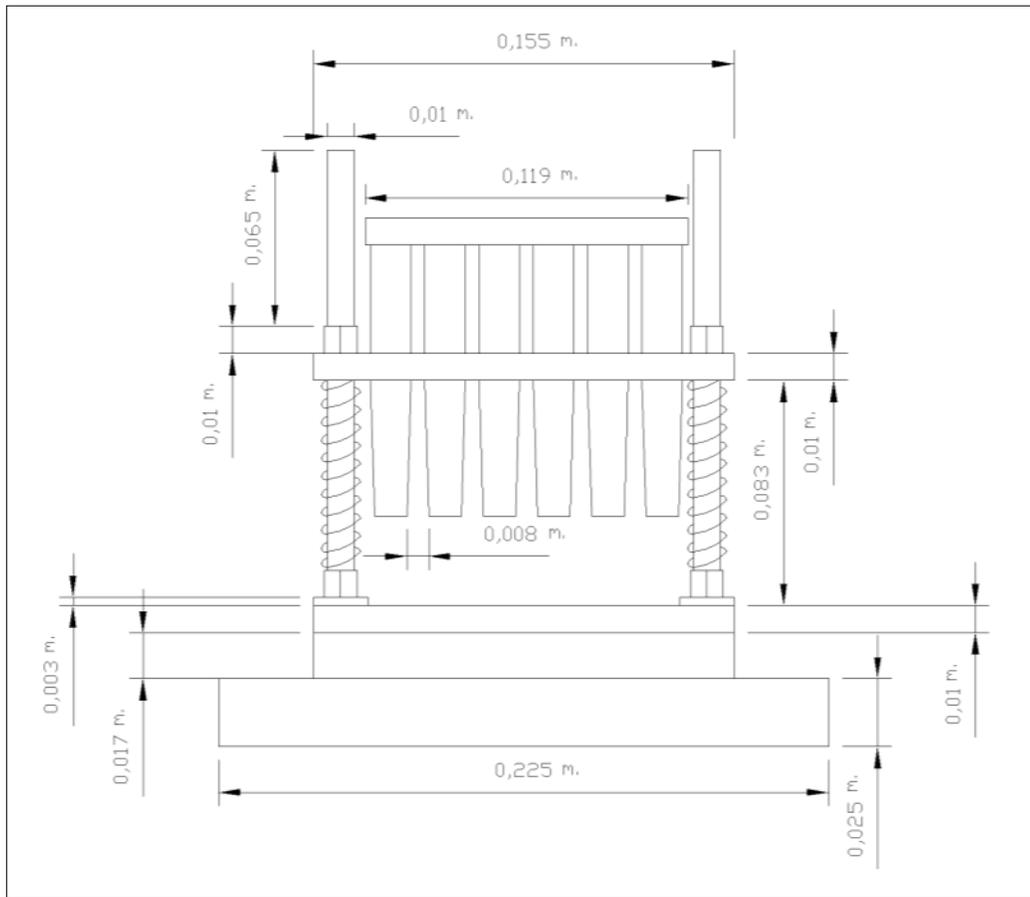
### **2.2.2.2. Troquelado de los envases de tetrabrik posconsumo**

Para esta estación de trabajo se diseñó un prototipo que pueda transformar los envases de tetrabrik en una granulometría de dicho material, con el fin de escoger entre utilizar la granulometría para el desarrollo de las planchas de tetrabrik o utilizar el empaque entero para la elaboración de dichas planchas.

- **Materiales**
  - Plancha 1 metro cuadrado de hierro oscuro de 1/2"
  - Tornillos, roldanas, y roldanas de presión de 1/2"
  - Varilla con rosca convencional de 1 metro de largo
  - Sacabocados industrial de 5/16" utilizados en las peleterías
  - 1 metro cuadrado de caucho de llanta
  - Madera dura (pucté)
  - Resorte de 72 PSI de 3"
  - Broca de 1/2" para metal
  
- **Instructivo de uso**
  - Se coloca el empaque de tetrabrik previamente lavado y extendido, en la parte inferior del troquel.
  - Se le aplica fuerza en la parte superior del troquel.
  - El grano se almacena en los sacabocados industriales.
  - Se retira el empaque troquelado para la colocación de un nuevo empaque para el proceso de troquelado.

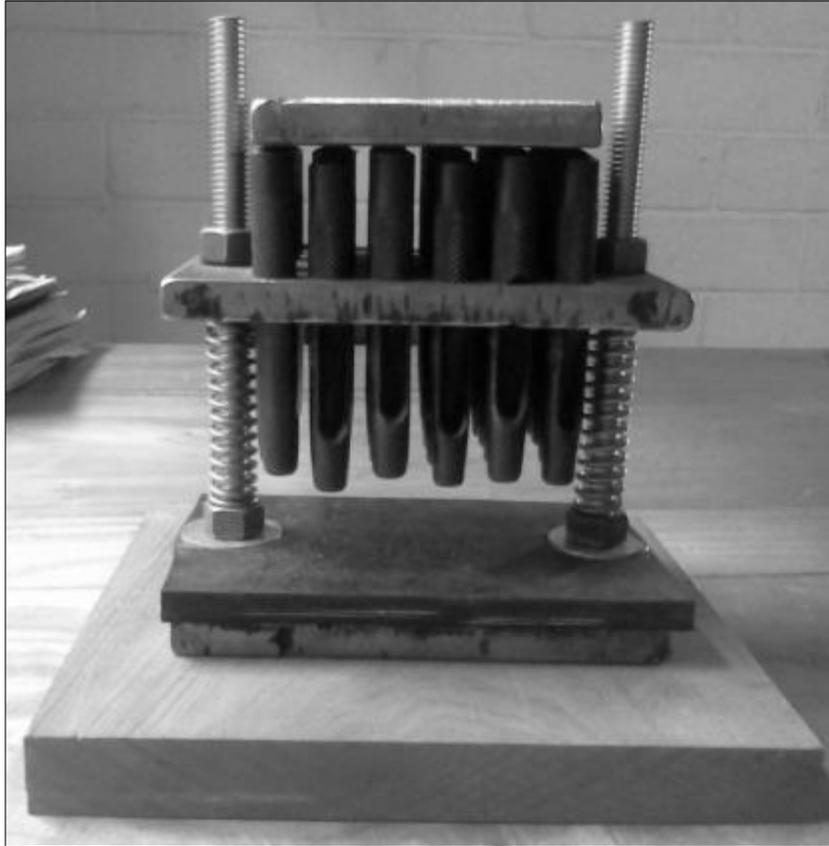
- Planos

Figura 32. **Plano del sistema de troquelado de los empaques de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

Figura 33. **Prototipo del sistema de troquelado de los empaques de tetrabrik**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- **Pruebas**

Se desarrollaron tandas de troquelado de 5 empaques de tetrabrik, con lo cual se obtuvo un promedio de tiempos en que el operario se tarda en troquelar un empaque de tetrabrik, con el fin de poder desarrollar una proyección a futuro.

Tabla V. **Toma de tiempos para el proceso de troquelado de envases de tetrabrik**

No.de tandas	Cantidad de empaques de tetrabrik	Tiempo (s)
1	1	73
2	1	66
3	1	81
4	1	78
5	1	71
	<b>Total de tiempos</b>	<b>369</b>

Fuente: elaboración propia.

○ Cálculo:

- Promedio de tiempos

$$p = \frac{\text{total de tiempos}}{\text{número de tandas}} = \frac{369}{5} = 73,8 \frac{\text{segundos}}{\text{empaques}}$$

- Proyección para 2 libras de tetrabrik o 32 empaques

$$\text{proy} = \text{cantidad empaques} * \text{promedio}$$

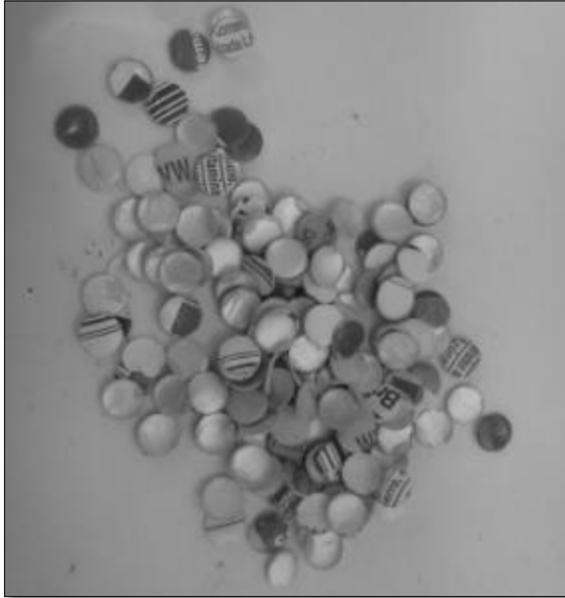
$$\text{proy} = 32 \text{ empaques} * 73,8 \frac{\text{segundos}}{\text{empaque}} = 2\,361,8 \text{ segundos}$$

$$\text{proy} = 2\,361,8 \text{ segundos} * \frac{1 \text{ minutos}}{60 \text{ segundos}} = 39,36 \text{ minutos}$$

El tiempo para una proyección de troquelado de 32 empaques de tetrabrik o equivalente a 2 libras de dicho material es de 2 361,8 segundos ó 39,36 minutos.

- Resultados:
  - Granulometría:
    - Con las pruebas prácticas se obtuvo una estandarización de la granulometría de medida 5/16”, por medio del prototipo diseñado.
    - Se escogió dicha medida, ya que un factor macro ambiental, fue la falta de sacabocados en un gran número, que sean de la misma medida, con lo cual dentro del proceso de búsqueda en el mercado fue la medida más pequeña encontrada para la elaboración del prototipo.
    - Se escogió dicha medida de grano para el prototipo ya que se busca tener un grano pequeño, para tener una homogenización correcta dentro del molde donde se distribuirá el grano de tetrabrik, ya que entre mayor sea el tamaño del grano, menor será la homogenización de la plancha de tetrabrik.

Figura 34. **Granulometría de 5/16” de los envases de tetrabrik posconsumo con prototipo propuesto**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Prototipo de troquelado
  - Unas de las debilidades del prototipo de troquelado de los envases de tetrabrik es el desperdicio en cada tanda de troquelado, por lo que se necesitarían demasiados envases de tetrabrik para poder tener un volumen deseado, por consiguiente la mejor opción es utilizar los envases de tetrabrik enteros sin triturar.

Figura 35. **Desperdicio del empaque de tetrabrik durante el proceso de troquelado**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

### **2.2.2.3. Prensado a calor**

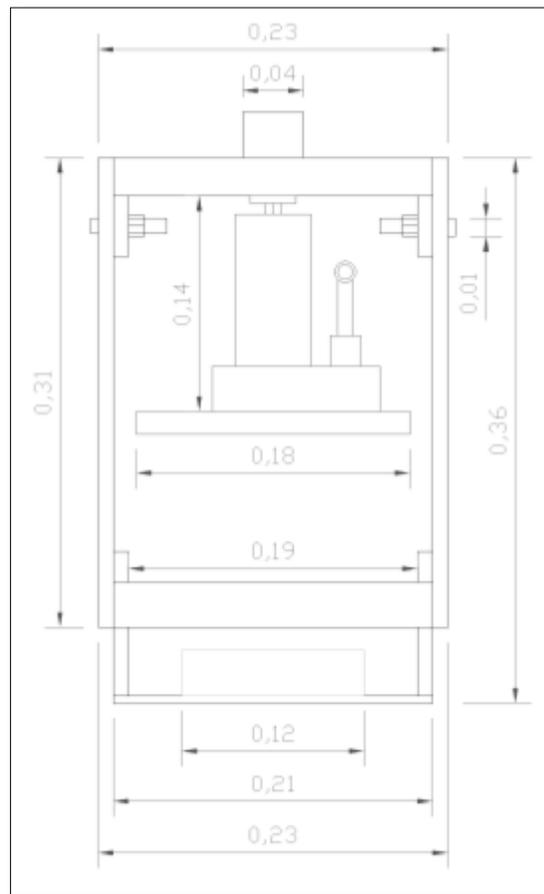
El prototipo de prensado a calor, cuya función principal es de calentar los empaques de tetrabrik y a la vez aplicarle fuerza de compresión al molde. Para el diseño del prototipo se desarrollaron diferentes variaciones de capacidad de compresión, con el fin de ver las variaciones de adherencia de los empaques. Por esta razón se escogieron dos tipos de capacidades: de 2 toneladas y de 6 toneladas, para concluir cual es la mejor opción para el prensado a calor.

- Empaque de tetrabrik entero con sistema de compresión de capacidad de 2 toneladas.
  - Materiales
    - *Tricket* tipo botella de capacidad de 2 toneladas
    - Plancha 2\*2 metros de hierro oscuro de ½” grosor
    - Broca de ½” para metal
    - Ladrillo convencional
    - Hornilla eléctrica de 110 voltios
    - Lámina galvanizada de 2 milímetros de espesor
  - Instructivo de uso
    - Se conecta la espiga al tomacorriente para que el sistema eléctrico comience a calentar inferior del prototipo.
    - Se coloca los empaques de tetrabrik dentro del molde, se tapa y se deja calentar por un tiempo determinado.
    - Se coloca el *tricket* en la parte superior del prototipo, donde se engancha en la parte superior del mismo.
    - Se retira la tapa, para poder hacer las compresiones correspondientes.
    - En la parte lateral derecha del *tricket*, se coloca la varilla, con la cual se engancha al *tricket* y se hace un movimiento de arriba para abajo y viceversa, con el fin de que el *tricket* baje hasta las planchas de tetrabrik, donde se dejará un tiempo determinado de prensado a calor.
    - Se retira la varilla del *tricket*, y con la parte superior de la misma se coloca en la llave del *tricket*, en el cual se desenrosca para poder liberar el hidráulico, y así el *tricket* deje de hacer fuerza a compresión.

- Se levanta el *tricket* y se retira del prototipo, luego se atornilla, la llave para la realización de otra tanda.
- Se retira la plancha de tetrabrik del prototipo por medio de una espátula.
- Se deja enfriar la plancha de tetrabrik a temperatura ambiente.

- Planos

Figura 36. **Plano de prototipo prensado con sistema eléctrico y capacidad de compresión de 2 toneladas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

- Pruebas

Figura 37. **Prototipo con sistema de calentamiento eléctrico y capacidad de compresión de 2 toneladas**



Fuente: zona 5, ciudad de Guatemala.

Figura 38. **Sistema de calentamiento con hornilla eléctrica implementado en el prototipo de prensado a calor**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Se midió la temperatura del molde por medio de un termóstato infrarrojo, de manera que se tomó la temperatura del molde a cada 2 minutos, con el fin de observar la temperatura máxima desarrollada con dicho sistema.

Tabla VI. **Medición de temperatura vs tiempo con sistema eléctrico**

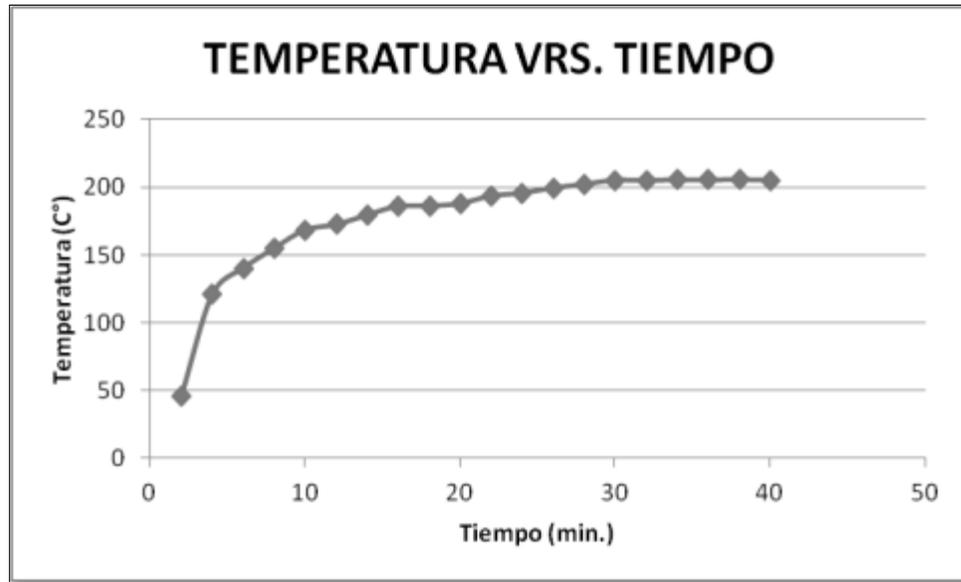
<b>No.</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (C°)</b>
1	2	45,6
2	4	120,8
3	6	140,1
4	8	154,9
5	10	168,3
6	12	172,3
7	14	179,3
8	16	185,8
9	18	186,1
10	20	187,8
11	22	193,4
12	24	195,5
13	26	199,3
14	28	202,0
15	30	205,0
<b>16</b>	<b>32</b>	<b>204,8</b>
<b>17</b>	<b>34</b>	<b>205,3</b>
<b>18</b>	<b>36</b>	<b>205,1</b>
<b>19</b>	<b>38</b>	<b>205,5</b>
<b>20</b>	<b>40</b>	<b>204,9</b>

Fuente: elaboración propia.

- Promedio de los últimos 5 valores:

$$p = \frac{204,8 + 205,3 + 205,1 + 205,5 + 204,9}{5} = 205,12 \text{ C}^\circ$$

Figura 39. **Gráfico de temperatura vs tiempo**



Fuente: elaboración propia.

A partir de las mediciones anteriores, se puede concluir que la temperatura promedio alcanzada por el sistema de calentamiento eléctrico es de 205 grados centígrados.

El termóstato utilizado para las mediciones prácticas fue un termóstato infrarrojo marca Humboldt H-3593 cuyas características son las siguientes:

Tabla VII. **Datos técnicos del termóstato marca Humboldt H-3593**

<b>Características</b>	<b>H- 3593</b>
Tipo	Infrarrojo
Sonda	Ninguna
Rango	-58 a 750 °F (-50 a 400 °C)
Precisión	1.35 °C ± 1°C Full rango 2% = 2°C
Repetibilidad	0.15 °C en 25 °C 0.75 °C en 80 °C
Tamaño de objetivo óptico	9:1 1" objetivo día en 9"
Certificado trazable	Orden: H-3593C
Poder	Baterías AAA

Fuente: <http://audicionenbateristas.blogspot.com/2012/09/el-problema-con-los-tapones.html>.

Consulta: marzo de 2014.

Figura 40. **Equipo utilizado en la medición de temperatura: termóstato infrarrojo marca Humboldt H-3593**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 41. **Medición de la temperatura en el prototipo de prensado a calor**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- A partir de las pruebas se desarrollaron diferentes métodos de trabajo, con el fin de escoger el método apropiado para el proceso de prensado a calor.

Tabla VIII. **Métodos de trabajo del proceso de calentamiento eléctrico a compresión, con envases de tetrabrik enteros para 2 toneladas de compresión**

No.	Cantidad de empaques	Precompresiones (2 ton)	Tiempo compresión (min) (+)	Tiempo de calentamiento (min) (+)	Poscompresión es (2 ton.)	Tiempo compresión (min) (+)	Tiempo total (min)
1	10	0	0	30	1	2	32
2	10	1	2	30	2	4	36

Fuente: elaboración propia.

- Resultados
  - Prueba 1: se obtuvo un tiempo de producción de 32 minutos, en el cual no se le aplicó ninguna precompresión a los empaques de tetrabrik. Como consecuencia, los empaques de tetrabrik no se adhirieron correctamente ya que la fuerza de compresión de 2 toneladas no fue suficiente para poder adherir los empaques satisfactoriamente.
  - Prueba 2: con esta prueba se obtuvo un tiempo de producción de 36 minutos, durante la cual se le aplicó una precompresión con el fin de tener más compactados los empaques de tetrabrik. Por consiguiente, se obtuvo una mayor adhesión en comparación con la prueba 1, pero los empaques de tetrabrik se despegan y esto hace que se pierda la homogeneidad de la plancha de tetrabrik.

Figura 42. **Mala adhesión de los empaques de tetrabrik durante el proceso prensado a calor eléctrico a 2 toneladas de compresión**



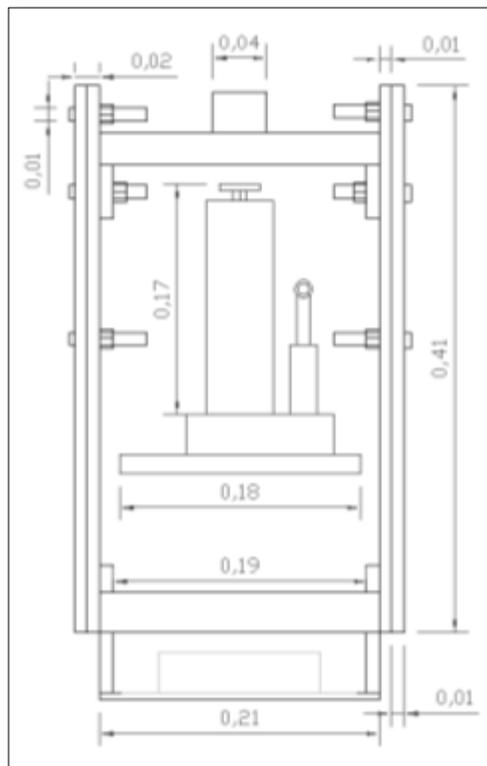
Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Empaques de tetrabrik enteros, con sistema de compresión de capacidad de 6 toneladas
  - Materiales
    - *Tricket* tipo botella de capacidad de 6 toneladas
    - Plancha 2\*2 metros de hierro oscuro de ½" grosor
    - Broca de ½" para metal
    - Ladrillo convencional
    - Hornilla eléctrica de 110 voltios
    - Lámina galvanizada de 2 milímetros de espesor

- Instructivo de uso
  - Se conecta la espiga al tomacorriente para que el sistema eléctrico comience a calentar en la parte inferior del prototipo.
  - Se coloca los empaques de tetrabrik dentro del molde. Se coloca la tapa de metal y se deja calentar en un tiempo determinado.
  - Se coloca el *tricket* en la parte superior del prototipo, donde se engancha en la parte superior del mismo.
  - Se retira la tapa, para hacer las compresiones correspondientes.
  - En la parte lateral derecha del *tricket*, se coloca la varilla, con la cual se engancha al *tricket* y se hace un movimiento de arriba hacia abajo y viceversa, con el fin de que el *tricket* baje hasta las planchas de tetrabrik, donde se dejará un tiempo determinado de prensado a calor.
  - Se retira la varilla del *tricket*, y con la parte superior de la misma se coloca en la llave del *tricket*, en el cual se desenrosca para poder liberar el hidráulico, y así el *tricket* deje de hacer fuerza a compresión.
  - Se levanta el *tricket* y se retira del prototipo, luego se atornilla, la llave para la realización de otra tanda.
  - Se retira la plancha de tetrabrik del prototipo por medio de una espátula.
  - Se deja enfriar la plancha de tetrabrik a temperatura ambiente.

- Planos

Figura 43. **Plano de prototipo prensado con sistema eléctrico y capacidad de compresión de 6 toneladas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

- Pruebas

Figura 44. **Prototipo con sistema de calentamiento eléctrico y capacidad de compresión de 6 toneladas**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Se reestructuró el método de trabajo en comparación con el método propuesto, aplicando una compresión de 2 toneladas con el fin de concluir que método es el más apropiado para el proceso de prensado a calor, con el cual se eliminaron las precompresiones, y se dividió el tiempo de calentamiento con el fin, de que todas las planchas se puedan adherir correctamente, como consecuencia también se vario el tiempo de calentamiento de los empaques de tetrabrik.

Tabla IX. **Método de trabajo 1, para el proceso de calentamiento eléctrico a compresión con envases de tetrabrik enteros 6 toneladas**

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (min)</b>
1	Tiempo de calentamiento 1	-	20
2	Poscompresión 1 (6 ton.)	1	2
3	Tiempo de calentamiento 2	-	20
4	Poscompresión 2 (6 ton.)	1	2
<b>Total tiempo</b>			<b>44</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Plancha de tetrabrik sobrecalentada, método de trabajo 1, compresión 6 toneladas**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla X. **Método de trabajo 2, para el proceso de calentamiento eléctrico a compresión con envases de tetrabrik enteros 6 toneladas**

No.	Descripción	Cantidad	Tiempo (min)
1	Tiempo de calentamiento 1	-	10
2	Poscompresión 1 (6 ton)	1	2
3	Tiempo de calentamiento 2	-	10
4	Poscompresión 2 (6 ton)	1	2
<b>Total tiempo</b>			<b>24</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Plancha de tetrabrik, método de trabajo 2, compresión 6 toneladas**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Resultados:
  - Método de trabajo 1: se obtuvo un tiempo de prensado a calor de 44 minutos con el cual, las planchas de tetrabrik se pudieron adherir correctamente con una fuerza de compresión de 6 toneladas, pero a la vez, sufrieron un sobrecalentamiento, por lo tanto las partes exteriores quedaron quemadas, como resultado las placas se desprendieron con facilidad y esto causó que no se tuviera homogeneidad en la parte externa de la misma.

- Método de trabajo 2: se obtuvo un tiempo de prensado a calor de 24 minutos con el cual, las planchas de tetrabrik se pudieron adherir correctamente ya que se disminuyó el tiempo de calentamiento de la misma, y se aplicaron dos compresiones de 6 toneladas, con el cual como resultado no se obtuvo ningún defecto, como lo es el sobrecalentamiento, y a la vez se logró que se homogenizará la plancha de tetrabrik, para que los empaques de tetrabrik se adhirieron correctamente, con lo cual se optó el método 2, para el proceso de prensado a calor de los empaques de tetrabrik enteros.

Figura 47. **Plancha de tetrabrik de 15,2 cm ancho por 22,3 cm largo y 0,7 de grosor**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

#### **2.2.2.4. Corte a medida y ensamblado**

Dentro de la estación de corte a medida y ensamblado se desarrollaron dos fases, con el fin de buscar el mejor método de corte de las planchas de tetrabrik, así como el ensamblado del producto final, por consiguiente se dividió en dos fases:

- Corte a medida de las planchas de tetrabrik
- Ensamblado del producto final

Dentro de estas dos fases se desarrollaron diferentes secciones, con el fin de buscar un corte con maquinaria utilizada en la práctica para los empaques de tetrabrik, así como diferentes pruebas de acabado y escoger cual es la mejor opción para el desarrollo del producto final, con cual se dividió en diferentes fases:

- Materiales
- Herramienta y maquinaria
- Pruebas
- Resultados
  
- Corte a medida de las planchas de tetrabrik
  - Materiales
    - Empaques de tetrabrik desarrollados en la estación de prensado a calor.
  - Herramienta y maquinaria
    - Escuadra de 30 centímetros

- Marcador
  - Sierra de cinta
- Pruebas
- Se desarrollaron diferentes pruebas en la Sección de Tecnología de la Madera, con el fin de buscar el método de corte apropiado para el corte a medida de las planchas de tetrabrik, dentro de las cuales, la maquinaria que se escogió fue la sierra de cinta.

Figura 48. **Sierra de cinta**



Fuente: <http://www.maquinaplus.com/products/sierras-cinta/1175/sierra-cinta-para-madera-metal-con-husillos-bolas-ajustables-puntos.html>. Consulta: febrero de 2013.

Figura 49. **Corte a medida de las planchas de tetrabrik en la sierra de cinta**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Resultados: se obtuvo con la maquinaria propuesta, el corte a medida de las planchas de tetrabrik, generando resultados satisfactorios.

Figura 50. **Vista lateral de las planchas de tetrabrik previamente cortada de 15,2 cm ancho por 22,3 cm largo y 0,7 de grosor**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

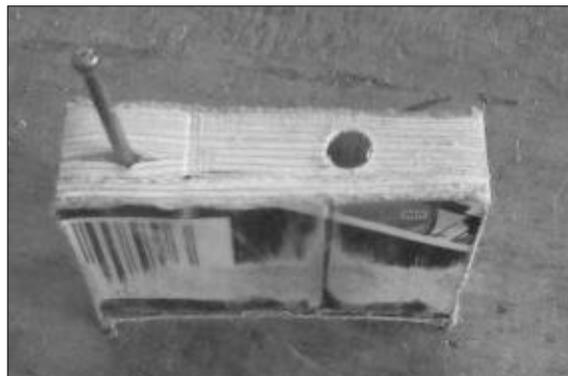
- **Ensamblado del producto final**

Dentro de esta sección se utilizaron diferentes tipos de adhesivos para pegar las planchas de tetrabrik, con el fin de crear el producto final. Se dividió en tres fases:

- Tipos de adhesión de los empaques de tetrabrik
- Acabado superficial de las planchas de tetrabrik
- Desarrolló del producto final
- Tipos de adhesión de los empaques de tetrabrik
  - Materiales
    - ✓ Planchas de tetrabrik cortados a medida
    - ✓ Clavos de 1/4"

- ✓ Tornillos 1/4"
- ✓ Broca de 1/4" de 1/4"
- ✓ Pegamento (cola para madera)
  
- Herramienta y maquinaria
  - ✓ Sierra de cinta
  - ✓ Taladro de 8 000 rpm
  - ✓ Martillo
  
- Pruebas
  - ✓ Unas de las primeras pruebas que se desarrolló, consistió en diferentes alternativas de adhesión para las planchas de tetrabrik, con el cual se desarrollaron pruebas destructivas con el fin de buscar la mejor opción de adhesión de las planchas de tetrabrik.

Figura 51. **Prueba destructiva en la parte del hilo del empaque de tetrabrik, utilizando clavo y broca de 1/4"**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 52. **Adhesión de las planchas de tetrabrik con pegamento (cola para madera)**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 53. **Adhesión de los empaques con tornillos y broca de ¼”**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

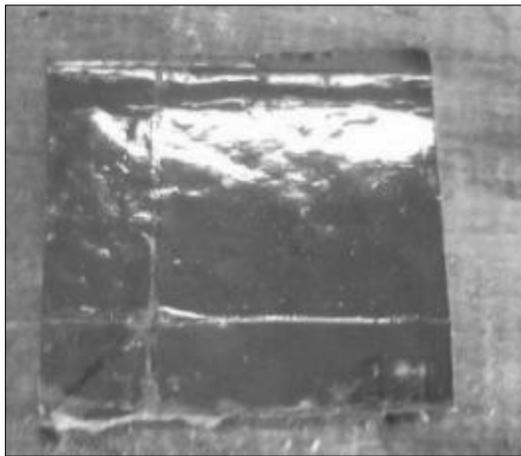
- Resultados
  - ✓ Con la prueba destructiva se descartó el uso de clavos, ya que este separa el hilo del empaque de tetrabrik, con lo cual hace que no tenga suficiente rigidez. Durante el proceso de adhesión se perforó una placa de tetrabrik, utilizando broca para metal, con el fin de utilizarlo como guía para poder utilizar tornillos.
  - ✓ Se utilizó pegamento (cola para madera), como resultado se obtuvo una mayor rigidez en comparación con el proceso de utilización de clavos.
  - ✓ Conforme a las pruebas desarrolladas se concluyó que el mejor método de adhesión de las planchas de tetrabrik es utilizando pegamento y posteriormente perforar con broca para metal, para luego atornillar las planchas de tetrabrik.
  
- Tipo de acabados para las planchas de tetrabrik

Se desarrollaron diferentes tipos de acabos para la superficie externa de las planchas de tetrabrik, con el fin de escoger la mejor opción.

- Materiales
  - Pintura en aerosol
  - Colorante a base de agua
  - Fórmica
  - Pegamento (cemento de contacto)
  - *Waípe*

- Herramienta y maquinaria
  - Escuadra de 30 centímetros
  - Marcador
  - Sierra de cinta
  
- Pruebas

Figura 54. **Aplicación de aerosol rojo en placa de tetrabrik**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 55. **Colorante a base de agua color caoba**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 56. **Aplicación de colorante a base de agua color caoba en plancha de tetrabrik**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 57. **Aplicación de fórmica en las planchas de tetrabrik**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Resultados
  - Con la prueba utilizando pintura en aerosol, se obtuvo un desprendimiento de la película de dicha pintura sobre las placas de tetrabrik, con lo cual, se descarta esta opción de acabado para las planchas de tetrabrik.
  - Se utilizó colorante a base de agua, pero el resultado fue que no se homogenizó la parte superficial de las placas de tetrabrik, por lo tanto se descartó, dicho acabado.
  - Se escogió la aplicación de fórmica como la mejor opción para el acabado del producto final, utilizando pegamento (cemento de contacto), ya que conforme a las pruebas prácticas obtenidas, la fórmica le dio una mejor presentación y estética, y un acabado homogéneo sobre las planchas de tetrabrik.
  
- Producto final con planchas de tetrabrik

El producto final que se desarrolló fue una repisa de 50 centímetros de largo por 15 centímetros de altura 30 centímetros de ancho.

- Materiales
  - Planchas de tetrabrik de 15,2\*22,3\*0,7 centímetros
  - Plancha de fórmica de 2,50\*2,50 metros
  - ¼" de galón pegamento (cemento de contacto)
  - Tornillos para madera de ¼"
  - Broca para metal de 1/16"
  
- Herramienta y equipo
  - Formol

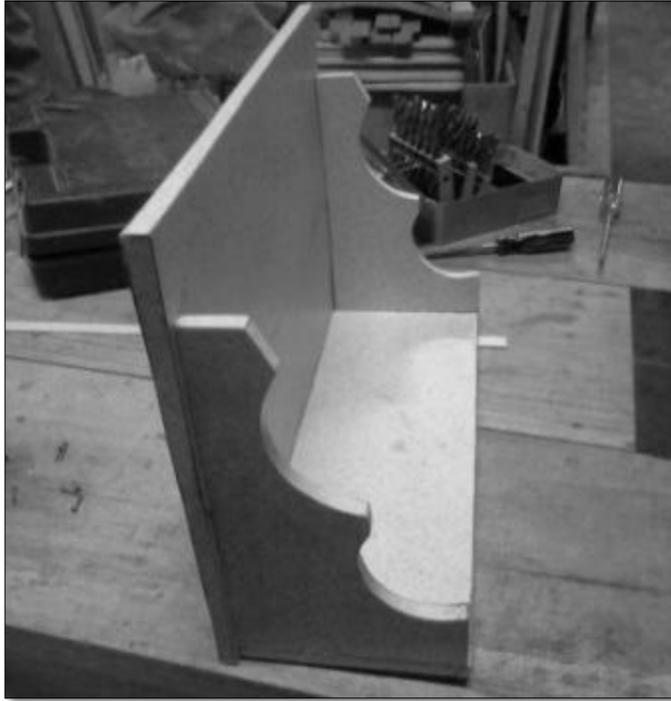
- Destornillador
  - Sierra de cinta
  - Escuadra de 30 centímetros
  - Circunferencia de madera de 12 centímetros de diámetro
  - Cinta métrica
- Pruebas

Figura 58. **Repisa de 50 cm de largo x 15 cm de altura x 30 cm de ancho, vista de atrás**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 59. **Repisa de 50 cm de largo x 15 cm de altura x 30 cm de ancho, vista lateral**



Fuente: Sección de Tecnología de la Madera, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- **Resultados**
  - Se obtuvo un producto final aplicando fórmica como acabado externo para las planchas de tetrabrik, así como adhesivo entre cada plancha de tetrabrik pegamento (cemento de contacto), seguidamente atornillado, para poder unir las piezas.
  - El tiempo de la realización de la repisa fue de 2 horas o 120 minutos.

### **2.2.3. Planificación de la producción de paneles de tetrabrik**

La planificación de los proceso de producción se basa principalmente, en el desarrollo de técnicas de ingeniería, con el fin de ver el proceso de producción se utilizó diagramas de operaciones, distribución de maquinaria, el tipo de producción, entre otros.

El proceso de la transformación de los envases de tetrabrik posconsumo en paneles de dicho material viene dado por las siguientes etapas:

- Centro de acopio para los envases de tetrabrik
- Bodega materia prima
- Corte y lavado de los envases de tetrabrik
- Prensado a calor
- Corte a medida, ensamblado
- Bodega de producto final

#### **2.2.3.1. Recopilación de información**

Dentro de la planificación de procesos de producción, consiste en conocer el proceso productivo de la transformación de los envases de tetrabrik hasta la finalización del producto terminado, con el cual se observará con detalles dentro de cada operación, conforme a las estaciones de trabajo, utilizando diferentes técnicas de ingeniería como son los tiempos de producción, a la vez es necesario para la elaboración de los diagramas de flujo de operaciones, para desarrollar un distribución de maquinaria de cada estación de trabajo.

- Propuesta dentro de la planificación del proceso de producción:
  - Tiempo de producción para cada estación de trabajo

- Diagrama de flujo de operaciones para cada estación de trabajo
- Tipo de producción
- Distribución de maquinaria (layout)

### **2.2.3.2. Cotización de materiales**

En esta sección se cotizó diferentes materiales en diferentes empresas para desarrollar los prototipos y las pruebas experimentales, con materiales nuevos, pero una de las desventajas es que los volúmenes de ventas, por parte de las empresas son demasiadas altas, para el tamaño de los prototipos, por lo cual los costos se elevarían demasiado para el desarrollo del proyecto.

Figura 60. Cotización 1 de lámina oscura para el prototipo de compresión a calor

**FERRETERIA PETAPA, S.A.**  
**Avenida petapa 19-71 Zona 12**  
**PBX.: 2386-8181 FAX. 2473-0207**  
**Compras01@ferreteriapetapa.com**

Para: USAC / CII  
 De: Mostrador  
 Fecha: 19/09/2012  
 Telefono:  
 Atención:  
 Referencia:

**PROFORMA: 6026661**

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION DEL ARTICULO	PRECIO	TOTAL
10LN14	1	LAMINA NEGRA 1/4" * 4' * 8'	1,581.25	1,581.25
10LN18	1	LAMINA NEGRA 1/8" * 4' * 8'	771.00	771.00

TOTAL 2,352.25

Dos mil trescientos cincuenta y dos con Veinticinco Centavos

VIGENCIA DE LA PRESENTE COTIZACION 19/10/2012

PRECIOS SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO.



**Ferretería**  
**PETAPA**  
Toda su herramienta para la industria

**Francisco Reyes**  
**Cel. 4721 3058**

Av. Petapa 19-71, Z. 12, Guatemala, C.A.  
 PBX: (502) 2386-8181  
 Tels.: (502) 2473-0382 / 2474-4119  
 Telefax: (502) 2473-0207  
 f\_petapa@hotmail.com

Fuente: zona 4, terminal, ciudad Guatemala.

Figura 61. Cotización 2 de lámina oscura para el prototipo de compresión a calor

SERVIMATERIALES LOS ALTOS S.A.  
 2a. Avenida 1-75, Zona 9, Guatemala.  
 Teléfonos: 2339-3364 al 67, 2332-7126, 2334-7443, 2334-2935  
 Fax: 2339-3363 www.servimaterialesaltos.com

COTIZACION No. 11686

Guatemala 14 SEPTIEMBRE 2,012

CLIENTE: C/F L

VENDEDOR: MOSTRADOR

CANTIDAD	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO	SUBTOTAL
1.00	0103001	HIERRO PLANO DE 1/4 X 1/2	46.45	46.45
1.00	0103004	HIERRO PLANO DE 1/4 X 1	70.20	70.20
1.00	0903004	LAMINA NEGRA 1/8 4 X 8	710.35	710.35
1.00	0905004	LAMINA NEGRA 1/4 4 X 8	1,421.15	1,421.15
1.00	0906004	LAMINA NEGRA DE 1/2 X 4 X 8	2,941.00	2,941.00
-ULTIMA LINEA-				
** CINCO MIL CIENTO OCHENTA Y NUEVE CON 15/100 **			TOTAL	5,189.15

OBSERVACIONES

Fuente: zona 9, ciudad de Guatemala.

Figura 62. Cotización 3 de productos eléctricos

**INGELMEC** PABLO EMILIO GAMBA GOMEZ  
**RESISTENCIAS INDUSTRIALES**  
 13 Avenida 2-50, Zona 11, Guatemala, C. A.  
 Tels.: 2440-8600 - 2473-5605 • Fax: 2471-6760  
 E-mail: ingelmecc@intelnet.com  
 NIT.: 367787-7

Resistencias: Tubulares, Planas, de Abrascedoras para equipos:

Hospitalarios: Plásticos: Hornos de: Calentadores de:  
 Auto Claves Inyecciones Cerámica Agua  
 Esterilizadores Prensas de Panadería Aceite  
 Hornos Vulcanizar Domésticos Acido  
 Cultivos Termopares Medidores Químicos  
 Calentadores Controles Redestatos

**COTIZACION No 12005**  
 Timbre en Orden No.: 59288-9 Patente de Comercio No.:

Guatemala 19 de 09 de 12  
 Señor Oswin Madariaga  
 Dirección: NIT:

CANT.	DESCRIPCION	P. UNITARIO	VALOR
1	Resistencia tubular Chanalox	935,-	
1	Temperato fobeta 0-300 B/largo	545	
1	Ht2 teplan 3/Adhesivo 0.5		313.50
1	Ht2 teplan 3/Adhesivo 0.5 Ind.		291.50
1	Ht2 teplan 3/Adhesivo 0.3		187.-
1	Ht2 teplan 3/Adhesivo 0.5		638
1	Ht2 teplan 3/Adhesivo 0.3		522.50
Nuestro Mayor interés es Servirle Cada Día Mejor			IVA: _____
			TOTAL: _____

ING. VILLATORO 33114122 (2012)

Fuente: zona 11, ciudad de Guatemala.

### **2.2.3.3. Tiempos de producción**

Los tiempos de producción fueron recabados conforme a las pruebas prácticas desarrolladas, en las estaciones de trabajo predichas. Se obtuvieron los tiempos a partir de la cantidad de empaques de tetrabrik, que se necesitó para desarrollar una plancha de tetrabrik, en la cual se utilizó 10 empaques de dicho material, así como 80 empaques o 5 libras de tetrabrik, para desarrollo del producto final.

- Centro de acopio

En el centro de acopio, la principal función es recibir la materia prima que en este caso, son los envases de tetrabrik posconsumo con el fin de reacondicionar los empaques para el ahorro de espacio físico. Dentro de esta sección se desarrolló una breve descripción de dichos empaques con lo cual se explica la funcionalidad los materiales que lo componen, entre otros.

- Descripción de los envases de tetrabrik

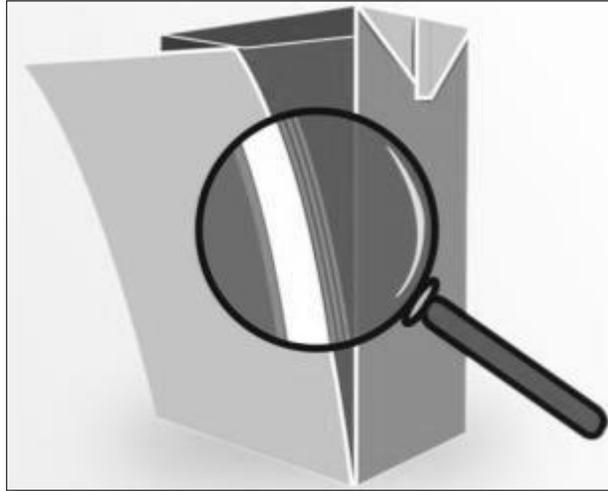
Los envases de tetrabrik tiene la función principal de proteger los alimentos para mantenerlos en perfecto estado, por mucho más tiempo sin necesidad de conservantes, esto es posible con la combinación de un producto estéril y un envase aséptico, ya que esto hace que los productos tengan más durabilidad en diferentes medios climáticos como lo es la temperatura del medio ambiente, humedad entre otros. La composición de los envases de tetrabrik está conformados por 6 capas que evitan el contacto con el medio externo, y aseguran que los alimentos lleguen a los consumidores con todas las propiedades intactas. Estos envases están compuestos de papel, aluminio y polietileno.

- El papel: proviene de bosques industriales gestionados bajo el concepto de desarrollo sustentable. El envase está conformado por 75 % de papel, garantizando la estabilidad y resistencia.
- El aluminio: evita la entrada de oxígeno, luz y pérdidas de aromas y es una barrera contra el deterioro de alimentos el cual forma un 20 % del envase.
- El polietileno: evita que el alimento esté en contacto con el aluminio, ofrece adherencia y garantiza la protección del alimento, el cual forma un 5 % del envase.

Las seis capas protectoras del envase de tetrabrik se muestran a continuación:

- Primera capa. Polietileno: protege el envase de la humedad del exterior
- Segunda capa. Papel: brinda resistencia y estabilidad
- Tercera capa. Polietileno: ofrece adherencia fijando las capas de papel y aluminio.
- Cuarta capa. Aluminio: evita la entrada de oxígeno, luz y pérdidas de aroma.
- Quinta capa. Polietileno: evita que el alimento esté en contacto con el aluminio.
- Sexta capa. Polietileno: garantiza por completo la protección del alimento.

Figura 63. **Composición de las placas protectoras del envase de tetrabrik**



Fuente:

[http://www.tetrapak.com/cl/products\\_and\\_services/elsistemadetetrabrik/composici%C3%B3n%20del%20envase/pages/default.aspx](http://www.tetrapak.com/cl/products_and_services/elsistemadetetrabrik/composici%C3%B3n%20del%20envase/pages/default.aspx). Consulta: noviembre de 2012.

- Descripción del proveedor para el abastecimiento de los empaques de tetrabrik posconsumo.

Para el abastecimiento de los envases de tetrabrik posconsumo, se contactó con la empresa Agua Clara de Gerona, la cual se dedica a la distribución de agua potable y al reciclaje de diferentes desechos. Donde los desechos se clasifican en: vidrio, cartón, plástico, tetrabrik, residuos orgánicos entre otros.

El precio que en la actualidad se maneja en el mercado de compra venta del empaque de tetrabrik posconsumo es de 0,10 quetzales por libra, ya que no

hay un reciclaje o reutilización apropiada por diferentes entes públicos o privados para dicho material.

**Figura 64. Visita de la empresa Agua Clara de Gerona a la Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla XI. **Tiempo de producción para el centro de acopio de los envases de tetrabrik**

<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Cantidad (libras)</b>
Se extiende los empaques de tetrabrik, y se inspecciona que estén extendidos correctamente, con el fin que el empaque quede plano.	8,62	5
Se trasladan los empaques a las estanterías y se ubican en las mismas.	2,00	5
<b>Tiempo total</b>	<b>10,62</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia.

- Corte y lavado de envases de tetrabrik

En esta sección se desarrolló una serie de pasos para poder limpiar los empaques de tetrabrik, tanto la parte exterior como interior, con el fin de eliminar los desechos de comida, contenidos en dichos empaques, con el cual se desarrolló un procedimiento de corte y lavado para los empaques de tetrabrik.

- Corte de envases de tetrabrik

Se busca primordialmente el ahorro de desperdicio de cada envase de tetrabrik con el fin de aprovechar al 100 % el material. En el instructivo de cortado principalmente se utilizará tijeras para poder abrir los empaques y luego ser trasladados al lavado. El instructivo para el corte de los envases de tetrabrik se muestra a continuación:

- Se corta un triángulo en cualquier esquina del envase de tetrabrik (si no lo tuviera)

Figura 65. **Corte en cualquier esquina del envase de tetrabrik**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Se corta el envase en todo lo largo con el fin de tener una sola plancha para facilitar el lavado.

Figura 66. **Corte del empaque por el lado lateral**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Abrir el empaque en los lugares donde tienen pegamento para poder abrir el envase de tetrabrik más fácilmente.

Figura 67. **Despliegue del empaque de tetrabrik**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Almacenar el empaque de tetrabrik y los triángulos cortados para limpieza y almacenamiento.

Figura 68. **Envase de tetrabrik desplegado**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla XII. **Tiempo de producción para el corte de los empaques de tetrabrik**

<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Cantidad (libras)</b>
Traslado de empaques del centro de acopio hacia la estación de trabajo	2,00	5
corte los empaques de tetrabrik	8,13	5
Inspección de los empaques de tetrabrik que estén abiertos correctamente	2,12	
Traslado de los empaques cortados hacia la estación de lavado	2,00	5
<b>Tiempo total</b>	<b>14,25</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia.

- Lavado de los envases de tetrabrik

En esta sección se sumergirá los empaques previamente cortados en una solución de agua y desinfectante, con el fin de eliminar la suciedad y las bacterias que están alojadas dentro del empaque, seguidamente se dejará escurrir los empaques en un tiempo providencial para luego limpiarlos y secarlos con paños limpios.

Para el lavado de los empaques de tetrabrik es necesario crear un desinfectante industrial que pueda eliminar la suciedad, con el cual se elaboró un procedimiento para el desarrollo del mismo.

- Elaboración de desinfectante industrial.
  - Equipo a utilizar:
    - *Beaker* de polipropileno de 1 000 mL de capacidad.
    - Probeta de polipropileno de 100 mL de capacidad.

- *Beaker* de polipropileno de 100 mL de capacidad.
- Pipeta serológica de 5 mL con el respectivo llenador universal.
- Agitador de vidrio de 6 x 250 mL.
- Paleta de madera.
- Embudo plástico.
- Colador plástico.
- Secador de toalla.
- Envase plástico de 1 galón de capacidad.
- Guantes plásticos.

Tabla XIII. **Materia prima utilizada para la elaboración de desinfectante**

Descripción	Cantidad para un galón
Nonilfenol	25 mL
Alcohol Isopropílico	10 mL
Amonio Cuaternario	4 mL
Propilenglicol	12 mL
Color Vegetal	20 mL
Aroma	25 mL
<b>Cantidad parcial</b>	<b>96 mL</b>
Agua	3 689 mL
<b>Total galón desinfectante</b>	<b>3 785 mL</b>

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla XIV. **Rotulación y medición del equipo a utilizar para la elaboración de desinfectante**

<b>Rotulación y mediciones de los reactivos</b>
1. Se rotula temporalmente <i>beaker</i> , con los nombres de los reactivos.
2. En probeta de polipropileno, o en <i>beacker</i> de 100 mL o 1 000 mL, se realizan las mediciones individuales de los siguientes ingredientes: nonilfenol, alcohol isopropílico, amonio cuaternario, propilenglicol, aroma, colorante vegetal.
3. Los reactivos anteriores se depositan en recipientes etiquetados. Son colocados en el mismo orden en que fueron medidos.

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla XV. **Instructivo de la mezcla de los reactivos**

<b>Mezcla de los reactivos</b>
2. El nonilfenol es depositado en el recipiente de preparación.
3. Al recipiente anterior se incorpora el alcohol isopropílico.
4. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.
5. El amonio cuaternario es depositado en el recipiente de preparación.
6. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.
7. El propilenglicol y aroma son agregados en un recipiente diferente.
8. Esta mezcla también debe ser agitada mediante una varilla de agitación.
9. La mezcla anterior se añade al recipiente de preparación.
10. Las dos mezclas son agitadas mediante la paleta de madera.
11. Se añade el agua medida al recipiente de preparación.
12. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.

Continuación de la tabla XV.

13. Se añade el colorante vegetal.
14. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.
15. La mezcla final se agrega al recipiente del producto final, utilizando un colador y embudo como control de calidad. Se debe tener cuidado de introducir el desinfectante lentamente, para no producir gran cantidad de espuma.
16. Se coloca la tapadera y etiqueta del producto final.

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Instructivo para el lavado de los envases de tetrabrik

En un recipiente vacío se vierte desinfectante con agua potable con el fin de ayudar a remover la suciedad, en el cual se vierte desinfectante a una altura aproximada de 5 a 8 cm, posteriormente se vierte agua potable a una altura aproximada de 20 a 25 cm de altura y se mezclan hasta lograr una consistencia homogénea.

- Equipo y materiales a utilizar:
  - ✓ Guantes plásticos
  - ✓ Balde de capacidad de 20 litros
  - ✓ Bata industrial
  - ✓ Paños limpios
  - ✓ Desinfectante industrial
  - ✓ Agua potable

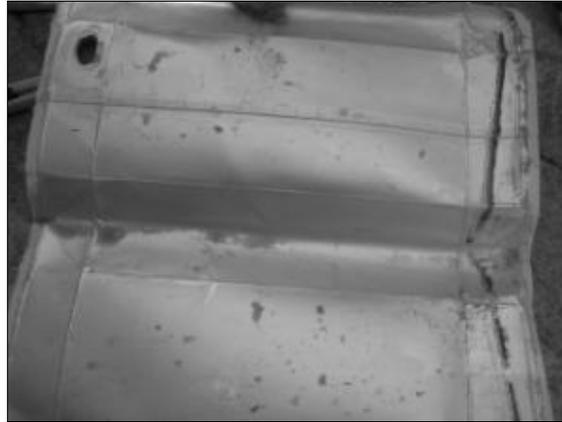
- Instructivo de lavado de los envases de tetrabrik:

Tabla XVI. **Instructivo para la limpieza de empaques de tetrabrik previamente cortados**

No.	Descripción
1.	Se ordenan los empaques de tetrabrik previamente cortado, para la limpieza.
2.	En el balde de 20 litros de capacidad, se prepara la mezcla de desinfectante y agua. Se utiliza 1 galón de desinfectante por cada 17 litros de agua.
3.	Se introducen los empaques de tetrabrik previamente cortados en el recipiente y se deja reposar, para que se pueda remover la suciedad.
4.	Extraer los empaques de tetrabrik y se dejan escurrir
5.	Limpiar con paños limpios para quitarle los restos de suciedad
6.	Colocar los empaques a la intemperie para el secado final
7.	Reunir los empaques para el traslado a la bodega de materia prima

Fuente: elaboración propia.

Figura 69. **Envases de tetrabrik posconsumo antes de la limpieza**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 70. **Preparación de la mezcla de agua y desinfectante**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 71. **Introduciendo los envases de tetrabrik dentro de la mezcla**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 72. **Reposo de los envases de tetrabrik durante 5 minutos**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 73. **Destilación de la mezcla sobre el envase de tetrabrik**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 74. **Limpieza del envase de tetrabrik con paño y desinfectante**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla XVII. **Tiempo de producción para el lavado de los empaques de tetrabrik previamente cortados**

<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Cantidad (libras)</b>
Preparación de la solución de la mezcla de desinfectante con agua	3,00	5
Enjuague de los empaques de tetrabrik	8,13	5
Ecurrir los empaques de tetrabrik	4,20	5
Se termina de quitar la suciedad y se seca con paño secos los empaques	6,21	5
Se trasladan los empaques, para el secado a temperatura ambiente	2	5
Se inspecciona y se colocan los empaques, para su secado posterior	2	5
Secado a temperatura ambiente	30	5
Se reúnen los empaques para el traslado a la bodega de materia prima	2	5
<b>Tiempo total</b>	<b>57,54</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo total en la estación de corte y lavado de los envases de tetrabrik.

$$t = (\text{corte empaques de tetrabrik}) + (\text{lavado empaques de tetrabrik})$$

$$t = (14,25) + (57,54) = 71,79 \text{ minutos}$$

- Bodega de materia prima

En la estación de bodega de materia prima, se almacenaron los envases de tetrabrik ya clasificado por tamaño y limpieza del mismo, en el cual se ubicaron en estanterías para la optimización del espacio físico, por consiguiente se clasificaron conforme al tamaño.

Figura 75. **Empaques de tetrabrik ubicados en estanterías conforme al tamaño**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Se desarrolló un conteo y se determinó que se cuenta con 5 029 envases de tetrabrik lavados y cortados.

En esta estación solo existen tiempos de transporte por parte de la estación de trabajo de corte y lavado el cual es de 2 minutos y el traslado de la bodega prima hacia la estación de prensado a calor, con un tiempo de 2 minutos.

- Prensado a calor

En esta estación de trabajo, el operario depositará la materia prima o el empaque de tetrabrik previamente troquelado en grano, en un molde, en el cual contará con un sistema de calor, por consiguiente se calentará el molde a una determinada temperatura y seguidamente se le aplicará fuerza de compresión al molde por medio de un sistema hidráulico dentro de un determinado tiempo, de manera que la materia prima por los componentes que contiene, que en este caso es polietileno de baja densidad, el resultado que se obtiene es que el grano de tetrabrik al aplicarle calor a compresión hace que los granos se compacten y forme una plancha homogénea conforme a las medidas del molde.

Tabla XVIII. **Tiempo de producción en la estación de trabajo de prensado a calor**

Descripción	Tiempo (min)	Cantidad (panchas de tetrabrik)
Traslado de empaques de la bodega prima	2,00	2
Calentamiento 1, de los empaques de tetrabrik	10,00	2
Prensado a compresión 1	2,00	2
Calentamiento 2, de los empaques de tetrabrik	10,00	2
Prensado a compresión 2	2,00	2
Se deja enfriar la plancha de tetrabrik	5,00	2
Se inspecciona que plancha este a temperatura ambiente	0,2	2
Traslado de las planchas de tetrabrik, hacia la bodega de materia prima	2,00	2
<b>Tiempo total</b>	<b>33,2</b>	<b>2</b>

Fuente: elaboración propia.

- Corte a medida y ensamblado del producto final

En la estación de corte a medida y ensamblado es donde se cortará las planchas a medida para crear nuevos productos, con un sistema de corte y ensamblado manual, con el fin de crear un producto ergonómico, ecológico, y sobre todo, que pueda competir con otros productos que utilizan otro tipo de aglomerados como lo son: la madera, tabla yeso, plywood, entre otros.

Tabla XIX. **Tiempo de producción en la estación de corte a medida y ensamblado del producto final**

<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Cantidad (planchas)</b>
Traslado de las planchas de tetrabrik de la bodega prima, hacia la estación de trabajo	2,00	8
Corte a medida de las planchas de tetrabrik	50	8
Acabado exterior de las planchas de tetrabrik	40	8
Ensamblado del producto final	26	8
Traslado de las planchas de tetrabrik, hacia la bodega de materia prima	2,00	8
<b>Tiempo total</b>	<b>120</b>	<b>8</b>

Fuente: elaboración propia.

- Bodega de producto final

La bodega de producto final es donde se almacenará el producto terminado, que se desarrollarán con las planchas de tetrabrik, en el cual el área física, contará con estanterías para el almacenaje.

En la bodega de materia prima, solo existe el tiempo de transporte del producto final para lo cual conforme a los datos prácticos se obtuvo un tiempo de 2 minutos.

Tabla XX. **Tiempo de producción total en cada estación de trabajo**

<b>No.</b>	<b>Descripción estación trabajo</b>	<b>Tiempo (min)</b>
1	Centro de acopio	10,62
2	Corte y lavado de envases de tetrabrik	71,79
4	Prensado a calor	33,2
5	Corte a medida y ensamblado del producto final	120
	<b>Total</b>	<b>235,61</b>

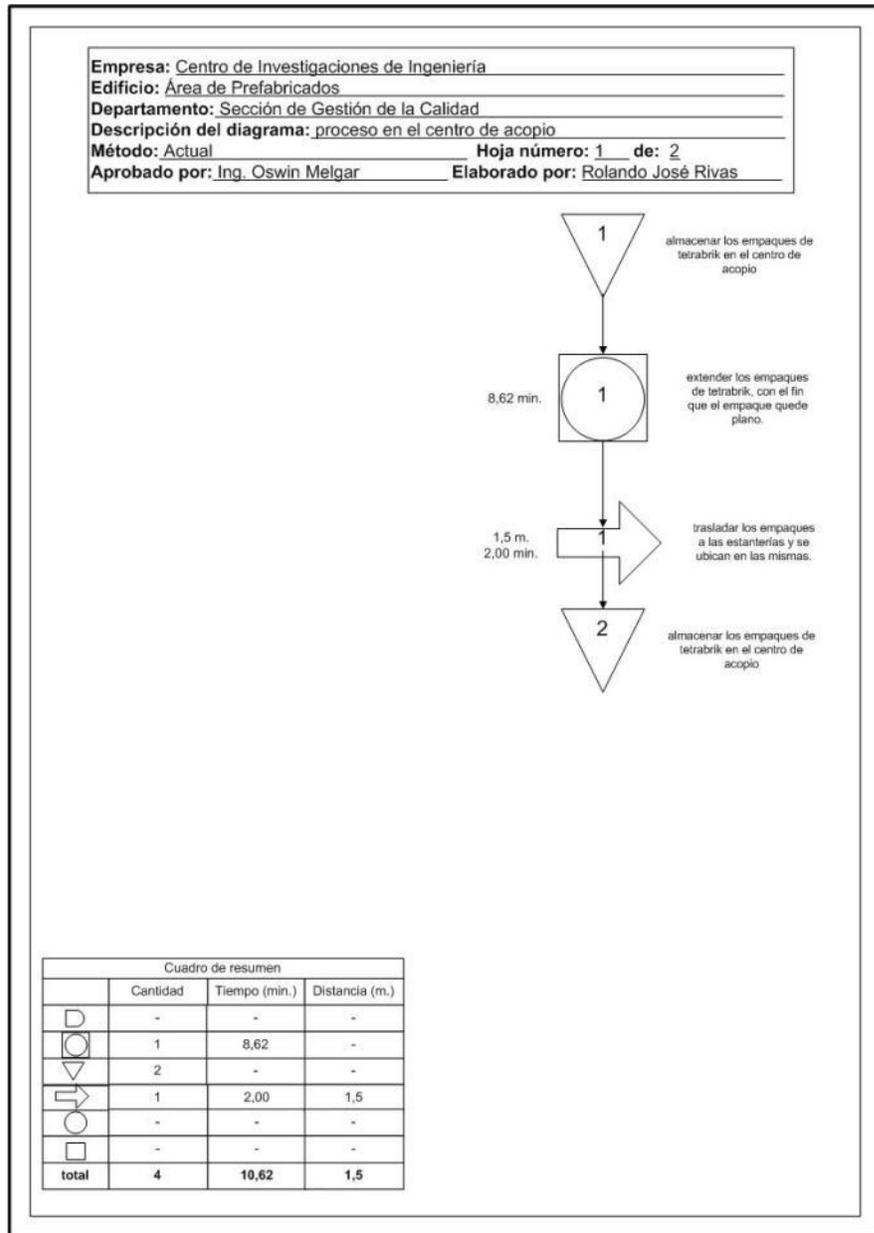
Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.3.4. Diagrama de flujo de operaciones**

Se elaboraron diferentes diagramas conforme a cada estación de trabajo así como, del proceso productivo de los empaques de tetrabrik, desde que entra en el centro de acopio, hasta la transformación como producto terminado.

- Centro de acopio

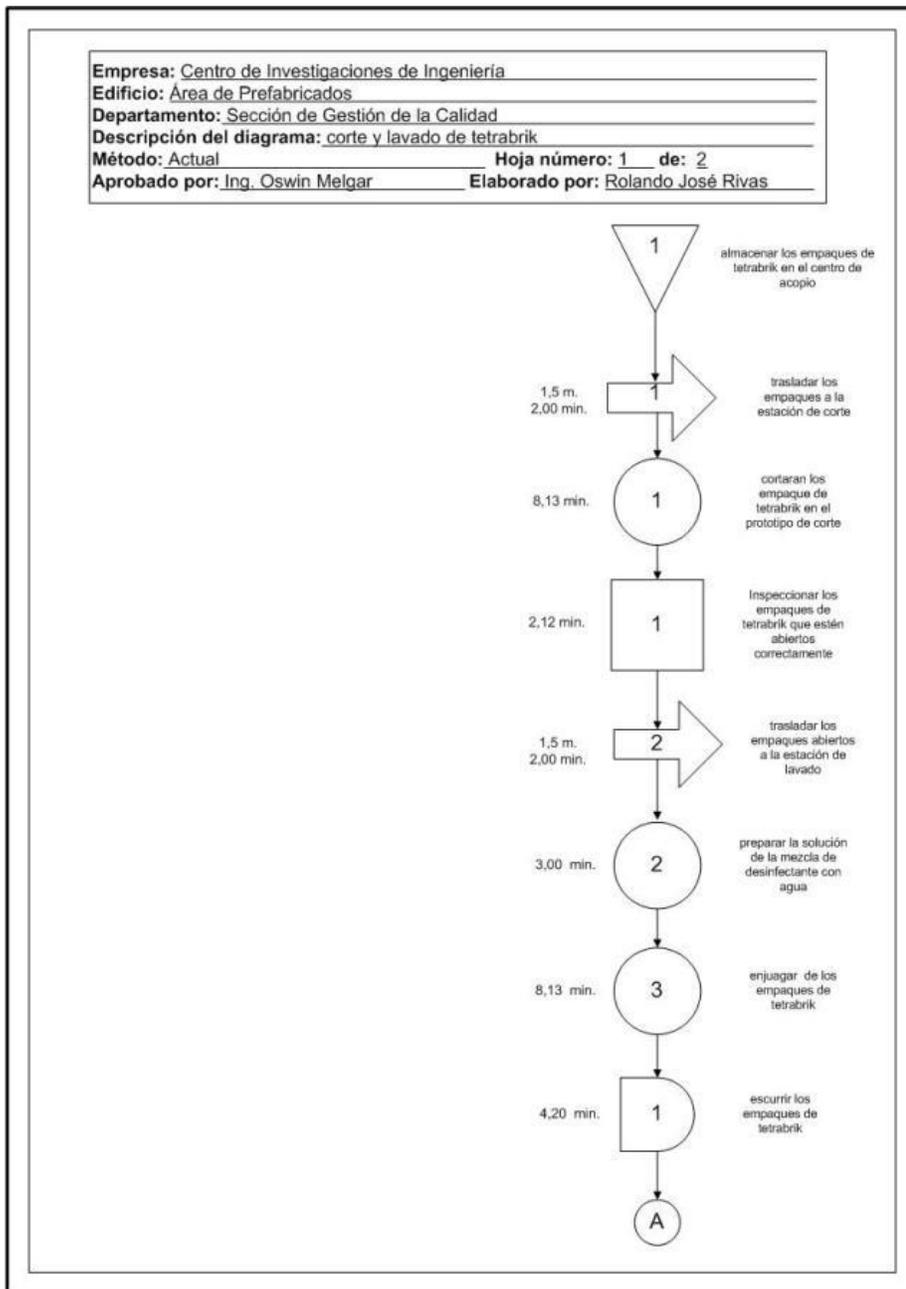
Figura 76. Diagrama de flujo de operación para el centro de acopio



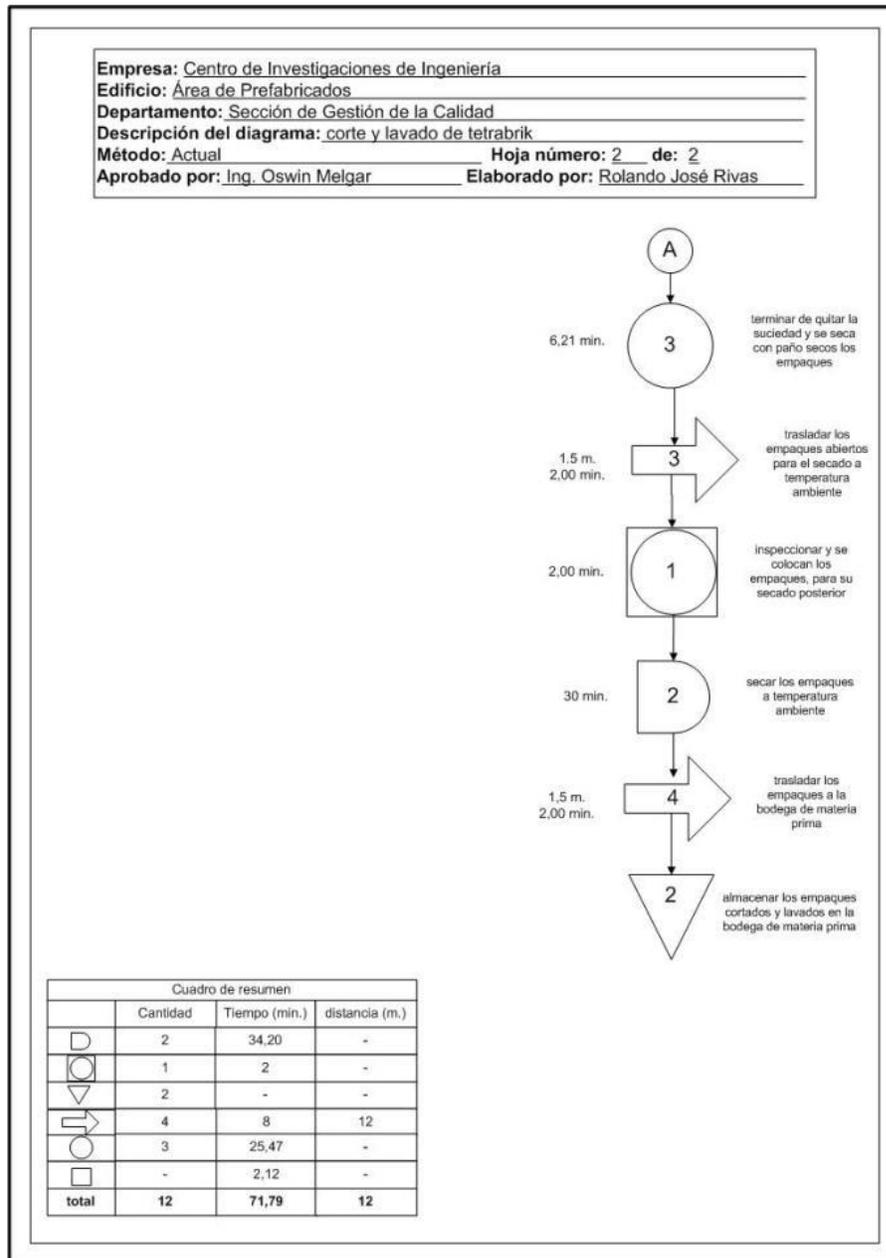
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Estación de corte y lavado de los envases de tetrabrik

Figura 77. Diagrama de flujo de operación para la estación de corte y lavado de los envases de tetrabrik



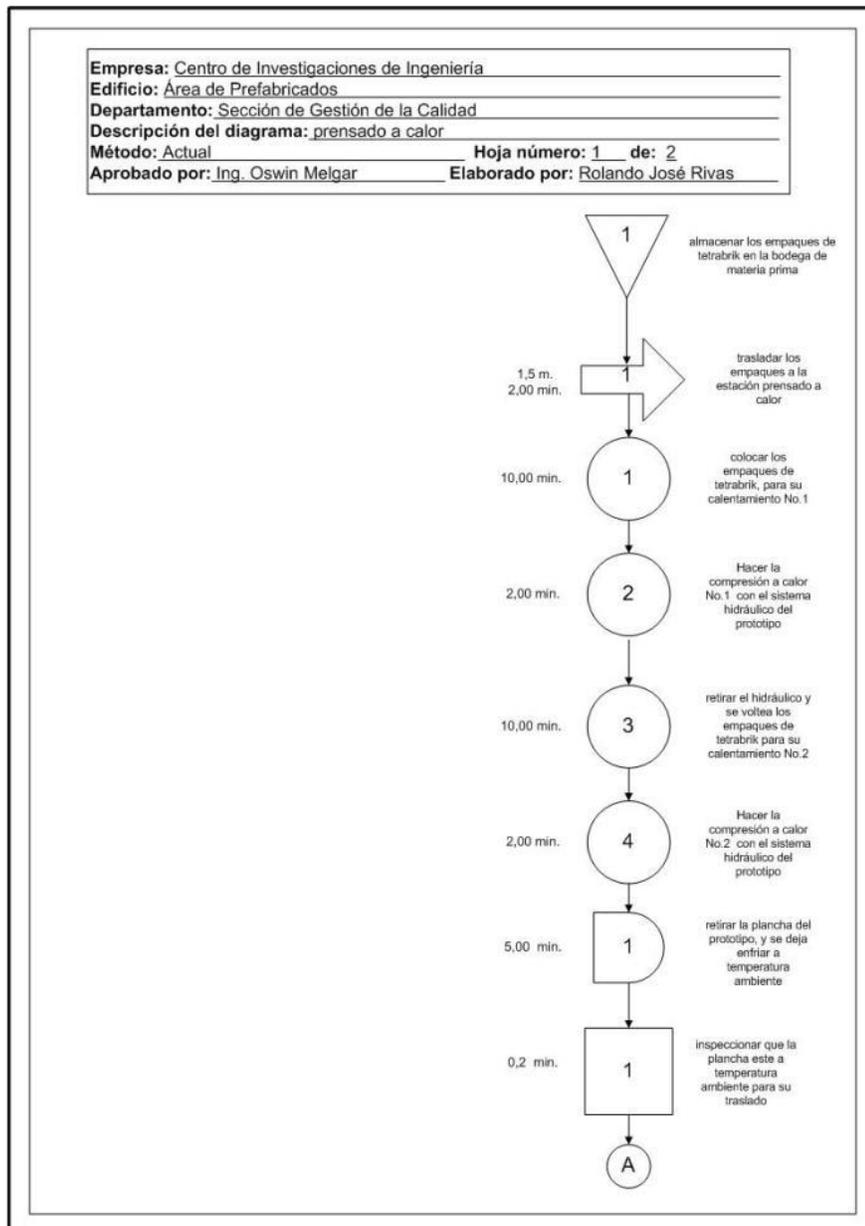
Continuación de la figura 77.



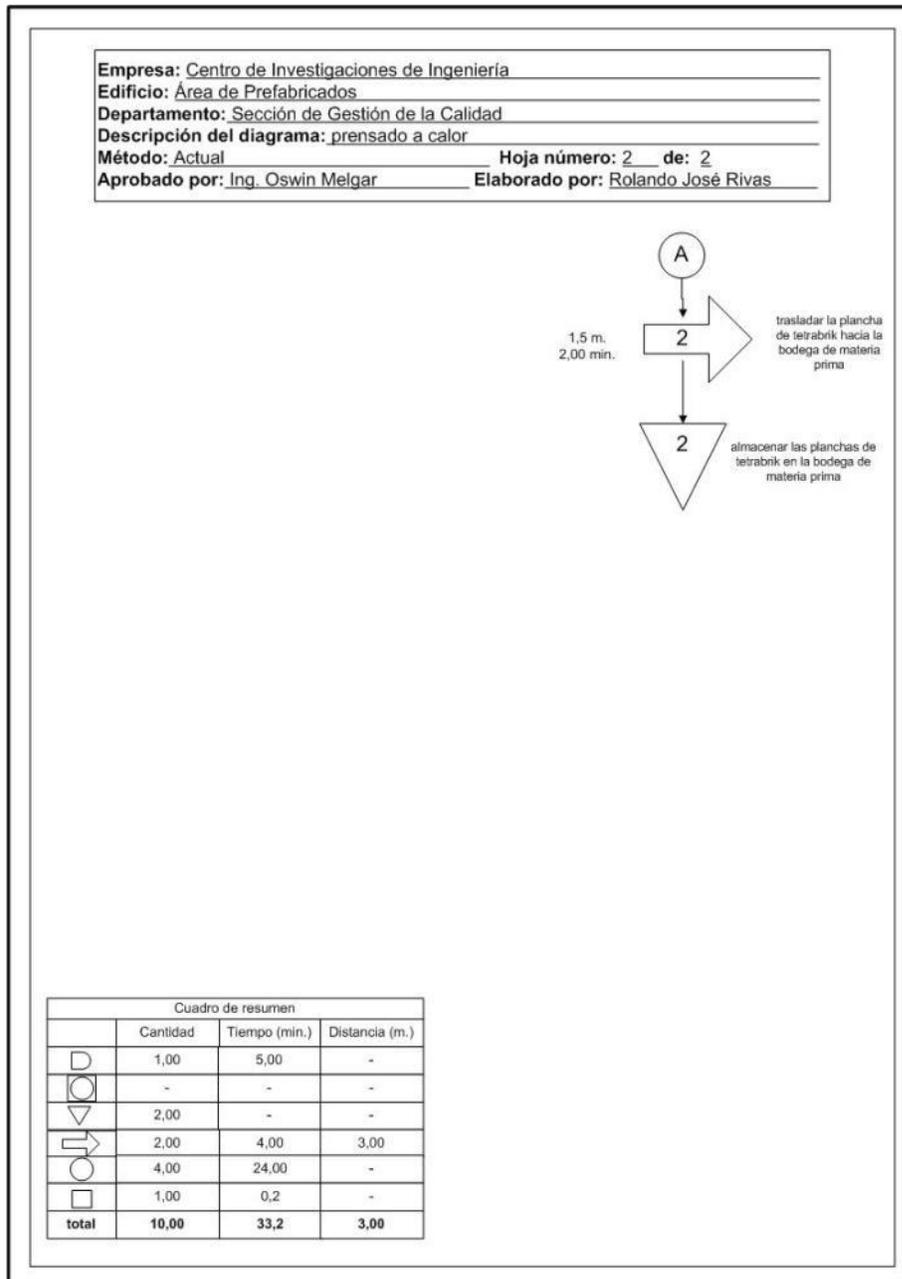
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Prensado a calor

Figura 78. Diagrama de flujo de operación para la estación de prensado a calor



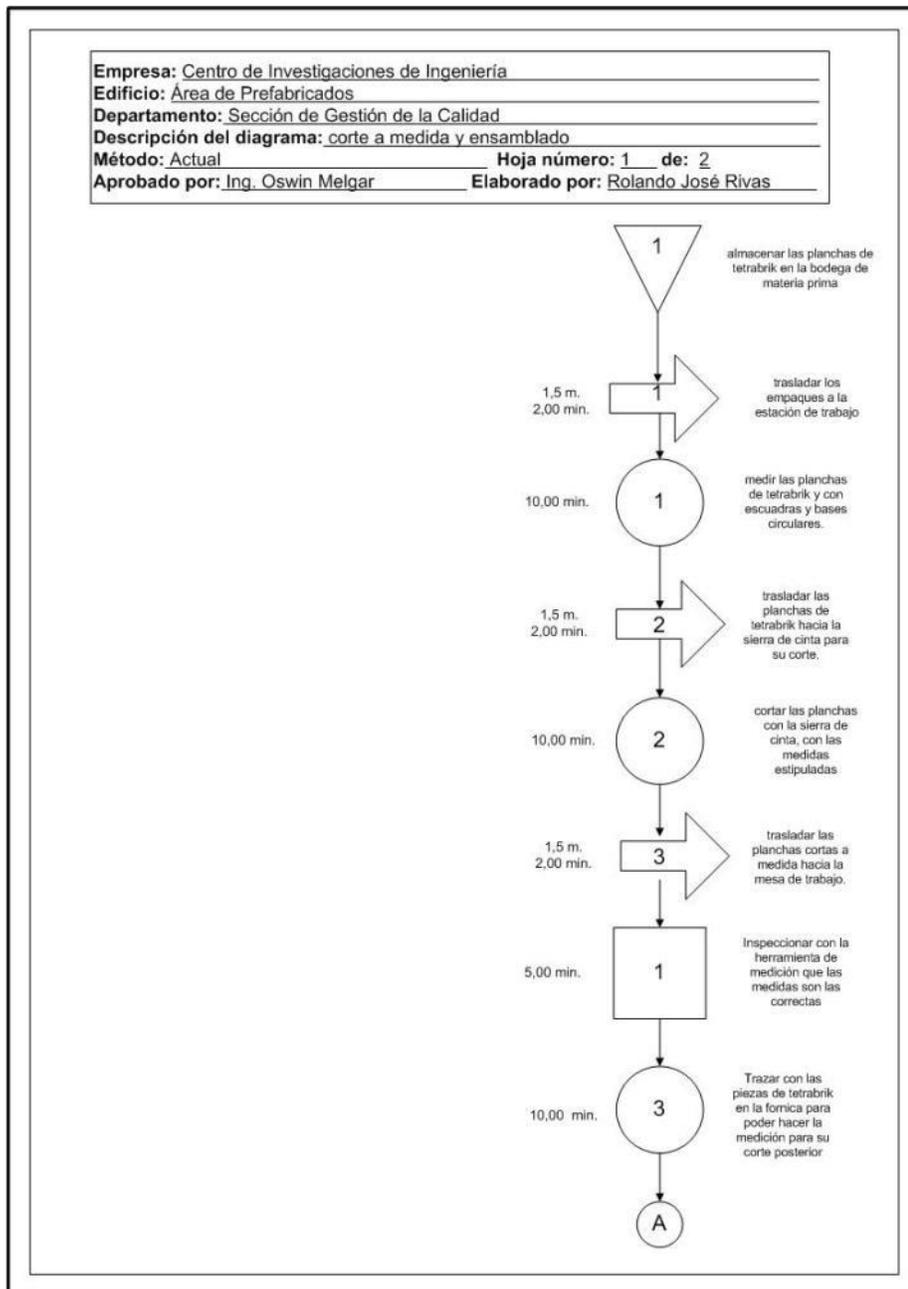
Continuación de la figura 78.



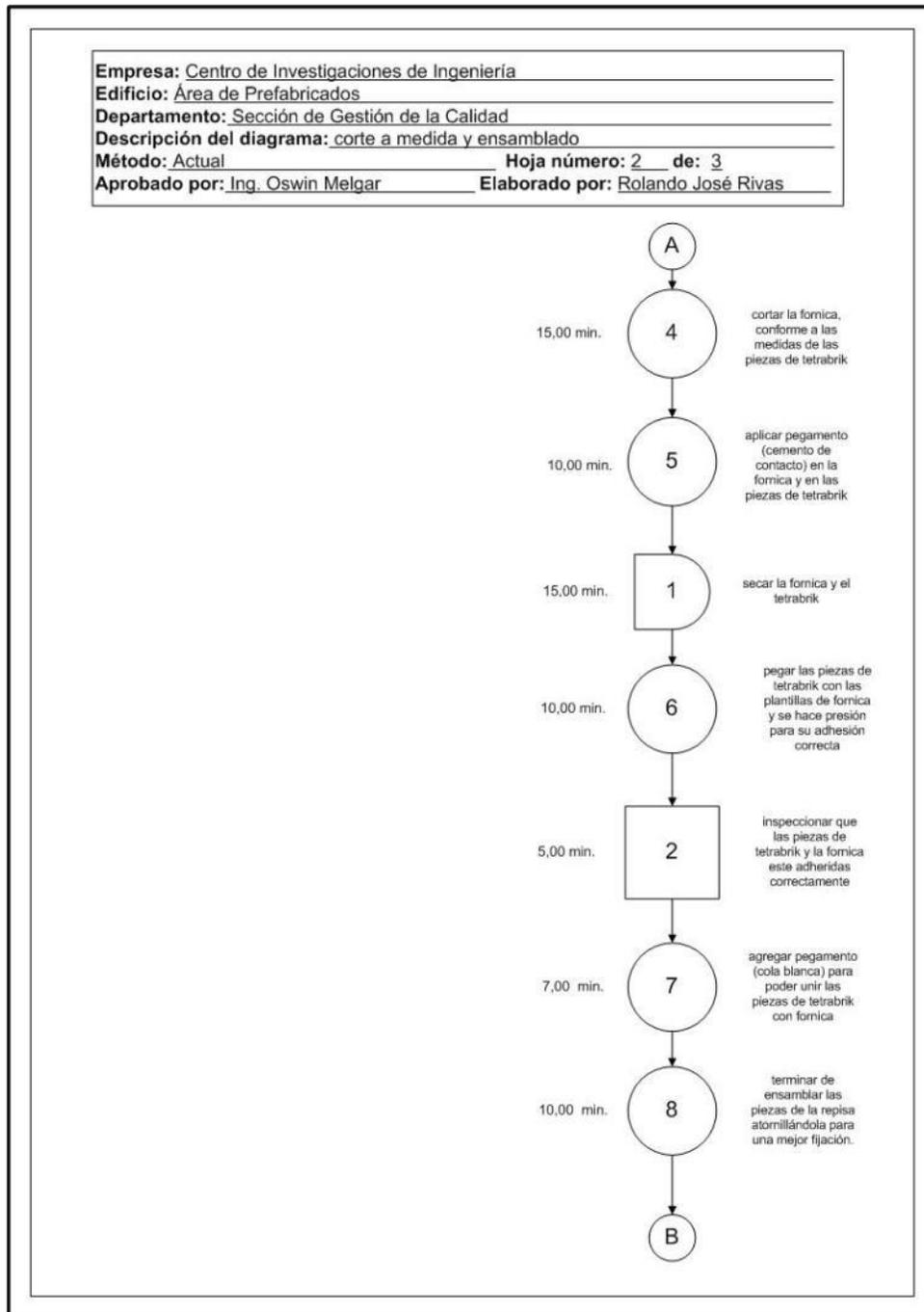
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Corte a medida y ensamblado

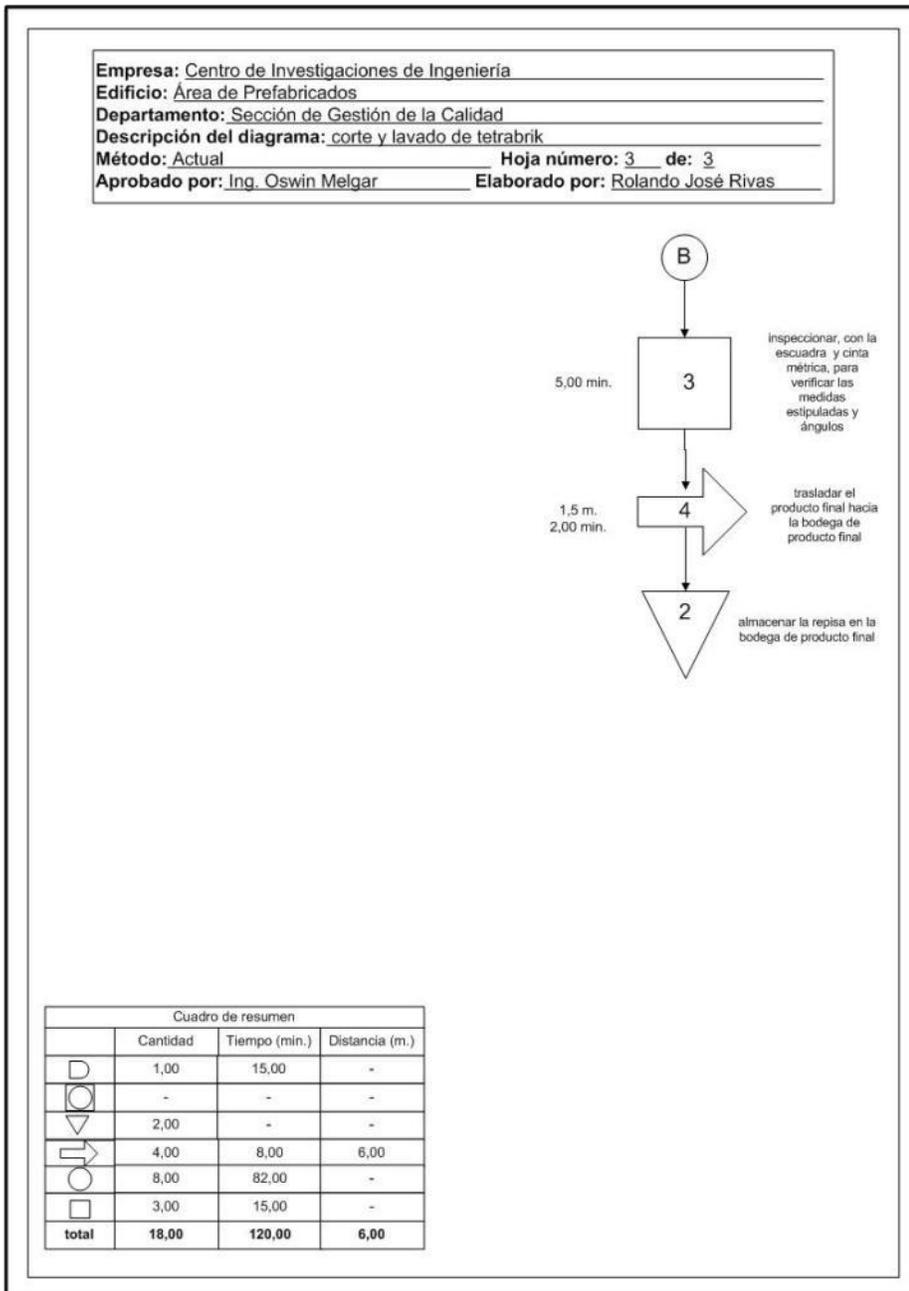
Figura 79. Diagrama de flujo de operación para la estación de corte a medida y ensamblado



Continuación de la figura 79.



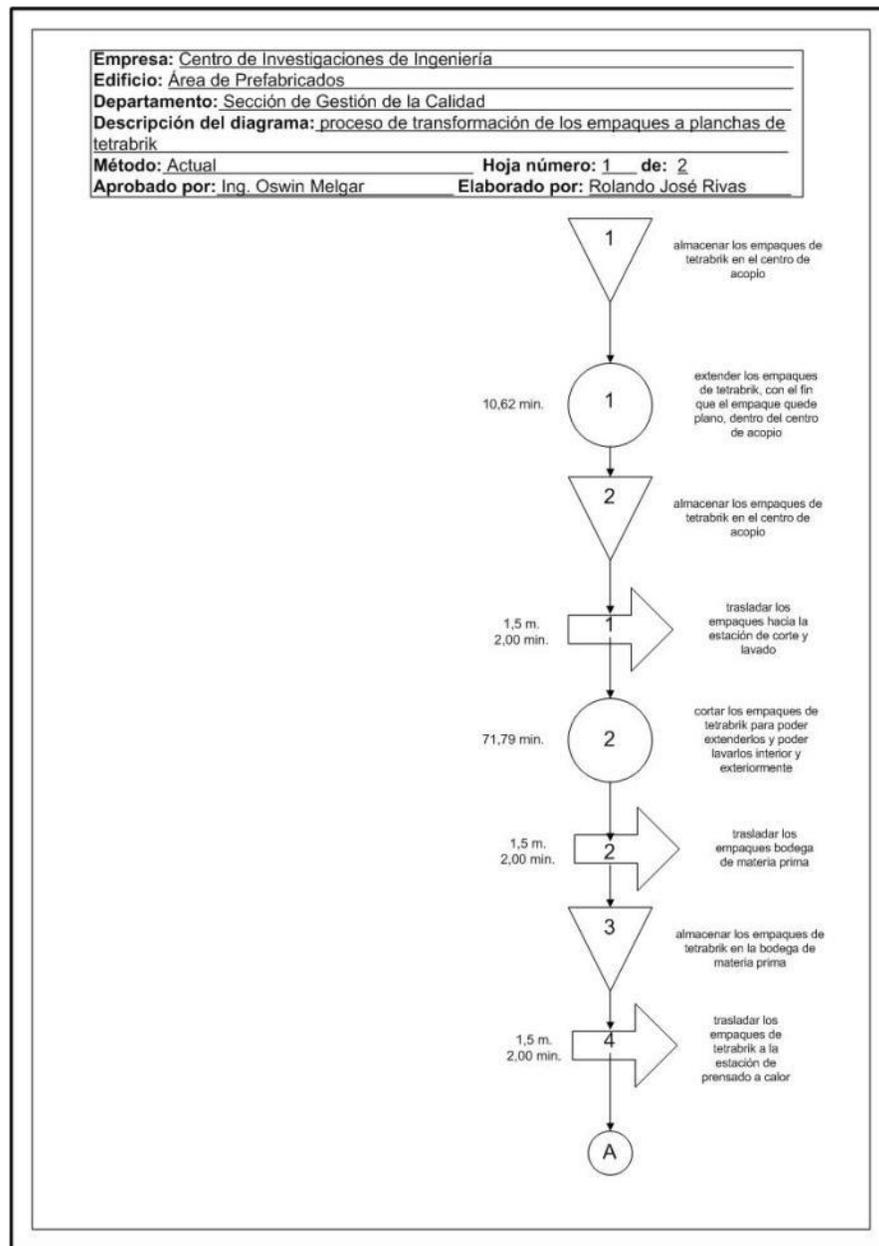
Continuación de la figura 79.



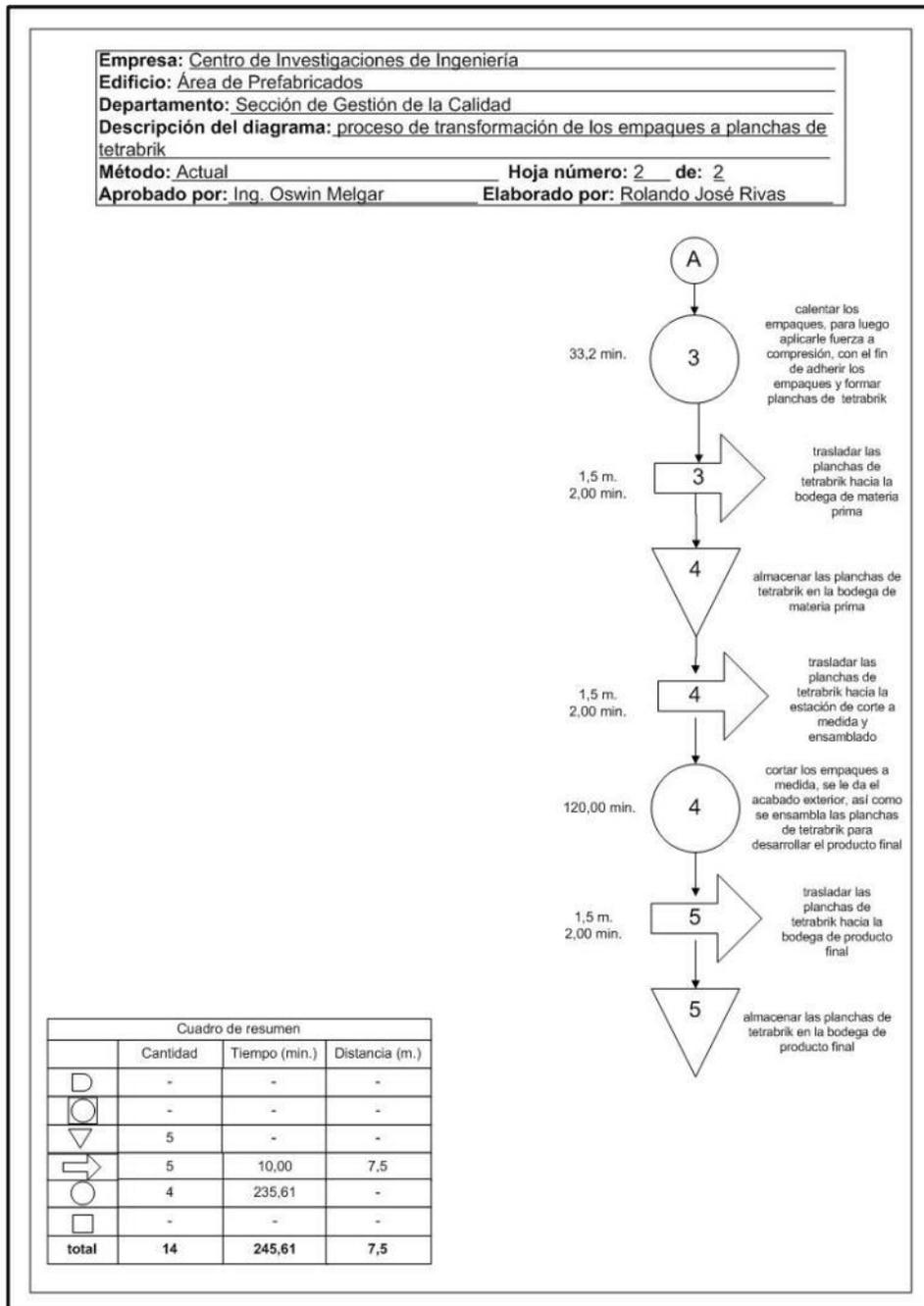
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Proceso de transformación de los empaques de tetrabrik a planchas de dicho material.

Figura 80. Diagrama de flujo de operación proceso de productivo de los envases de tetrabrik



Continuación de la figura 80.



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

### **2.2.3.5. Tipo de producción**

El tipo de producción que mejor se adaptó a la producción de paneles de tetrabrik, fue la producción continua, con lo cual se desglosa las características y ventajas del tipo de producción.

- Características:
  - Se desarrolla un producto estandarizado (repisa).
  - Los inventarios predominantes son de materia prima y producto terminado.
  - El proceso es continuo y progresivo.
  - La materia prima tiene que ser entregada a tiempo, por parte del proveedor.
  - Todas las operaciones son constantes.

### **2.2.3.6. Distribución de maquinaria**

Se desarrolló la distribución de maquinaria, por el Método de Layout, conforme a las estaciones de trabajo.

Para esta distribución fija en el diseño de ambientes para dicha planta se utilizó de 4 criterios fundamentales de relación entre los diferentes ambientes que son necesarios para el buen funcionamiento siendo estos:

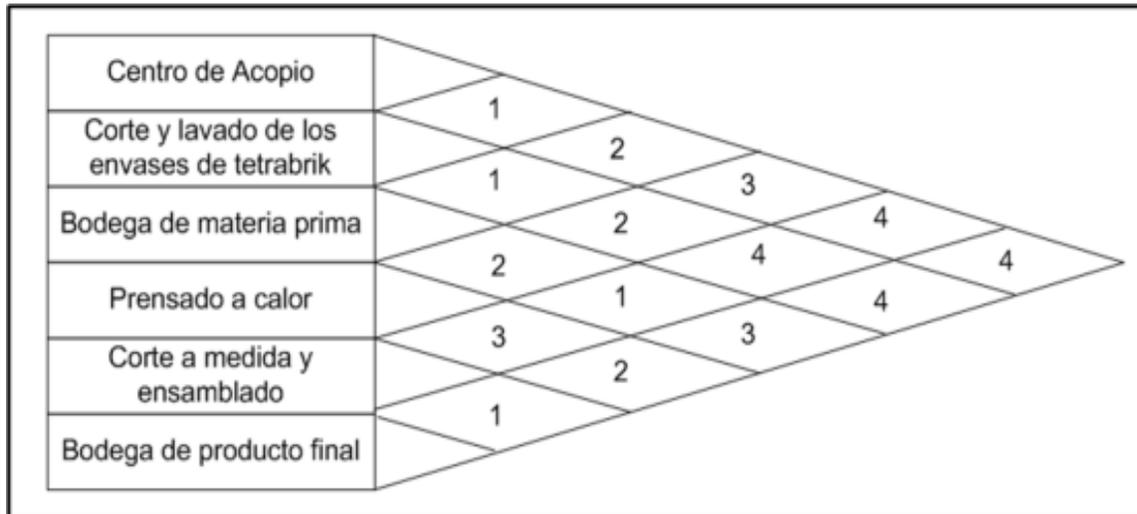
- Cercanías indispensables: ponderación 1
- Cercanías deseadas: ponderación 2
- Cercanías no deseadas: ponderación 3
- No cercanías: ponderación 4

Tabla XXI. **Estaciones de trabajo para la distribución de planta por el Método Layout**

No.	Descripción de cada estación de trabajo
1	Centro de acopio
2	Corte y lavado de los envases de tetrabrik
3	Bodega de materia prima (envases lavados, planchas de tetrabrik)
4	Prensado a calor
5	Corte a medida y ensamblado del producto final
6	Bodega de producto final

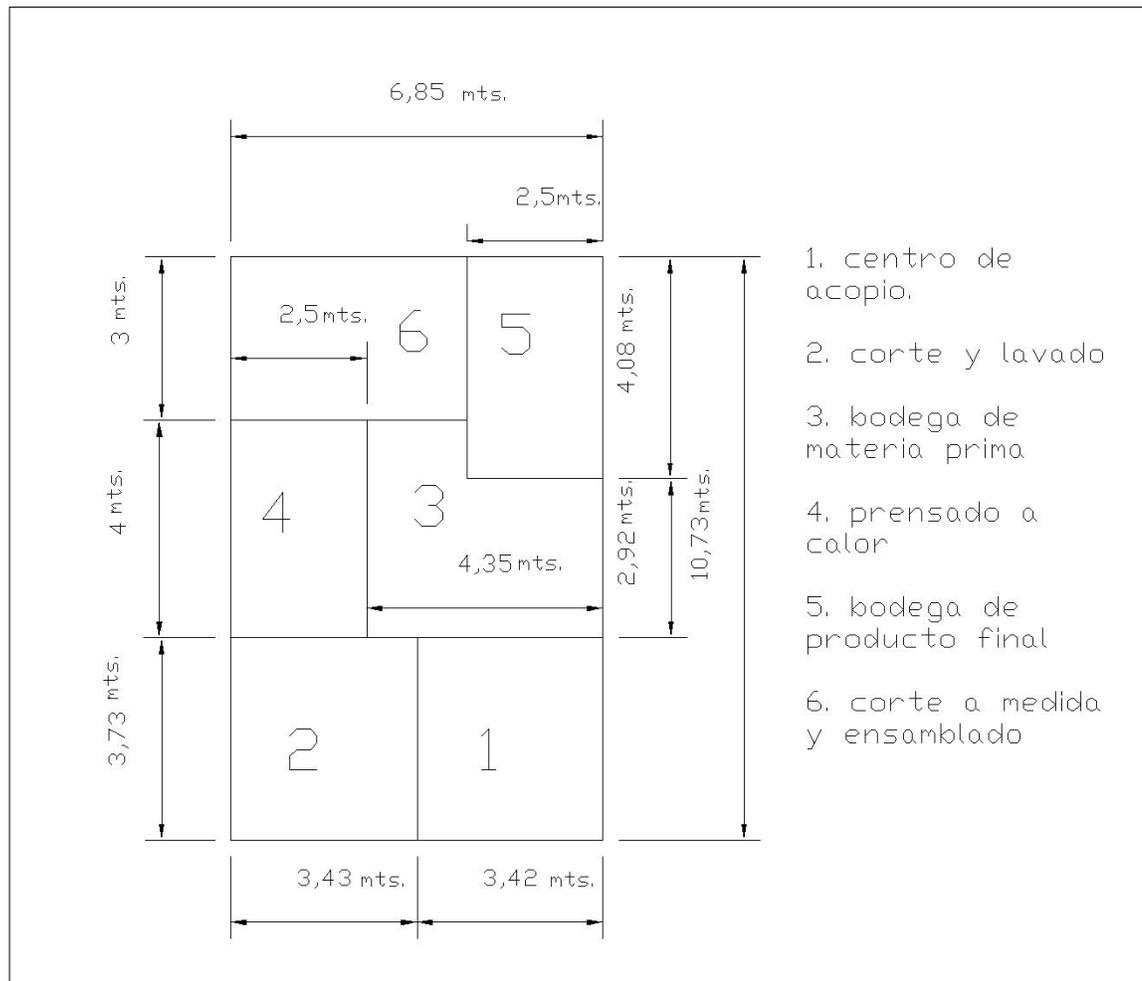
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. **Matriz de distribución de planta, Método Layout**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 82. **Plano de distribución de planta con el Método Layout**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

#### 2.2.4. Estudio de trabajo

Dentro de esta sección se diseñaron las áreas de trabajo, considerando las condiciones óptimas, para cada estación según la distribución de planta, con el fin de tener una línea de producción balanceada.

#### **2.2.4.1. Condiciones de trabajo**

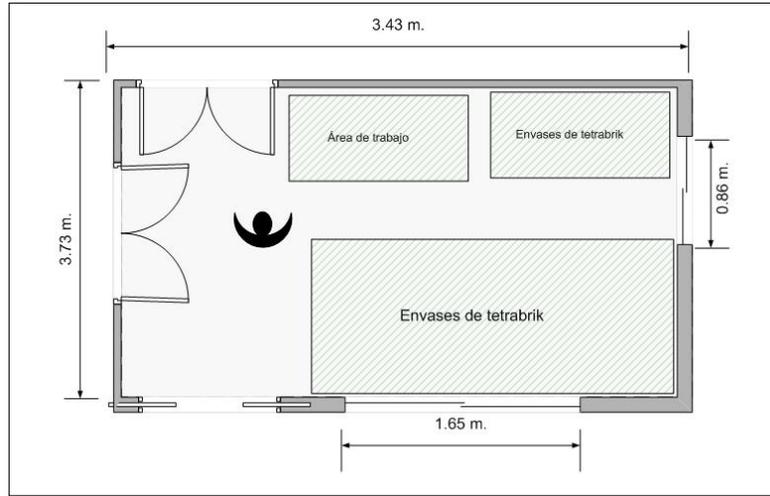
Las condiciones de trabajo dentro del área propuesta tienen que ser de un ambiente grato para el operario, para que la eficiencia no disminuya y tener una mejor condición de trabajo. Dentro de las cuales están los factores como: limpieza, agua potable e higiene, orden, calidad e intensidad de iluminación, ventilación, calefacción, ruido y vibraciones, entre otros factores.

#### **2.2.4.2. Diseño del lugar de trabajo, equipo y herramienta**

El diseño del lugar de trabajo o estaciones de trabajo está conforme al espacio físico propuesto en la figura 87, en la cual se tienen las siguientes características:

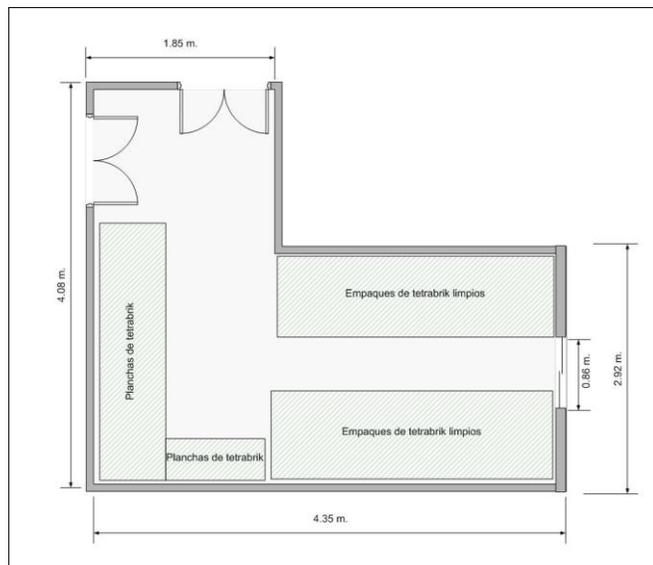
- Diseño del área de trabajo con respecto al espacio físico de cada estación, así como el área de ubicación de materia prima, herramienta, entre otros.
- Luz natural (cantidad de ventanas en cada estación de trabajo).

Figura 83. **Diseño del lugar de trabajo para el centro de acopio**



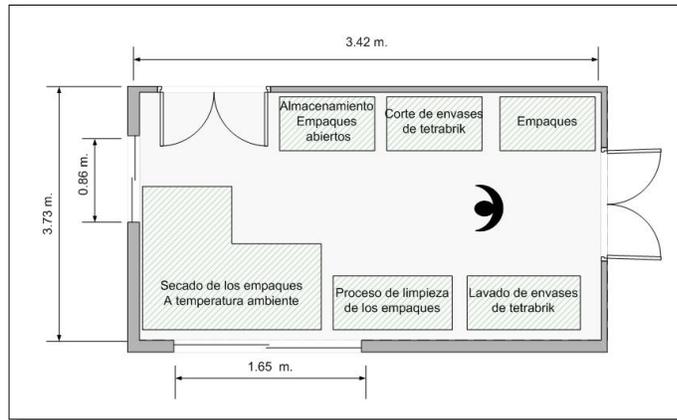
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 84. **Diseño del lugar de trabajo para la bodega de materia prima**



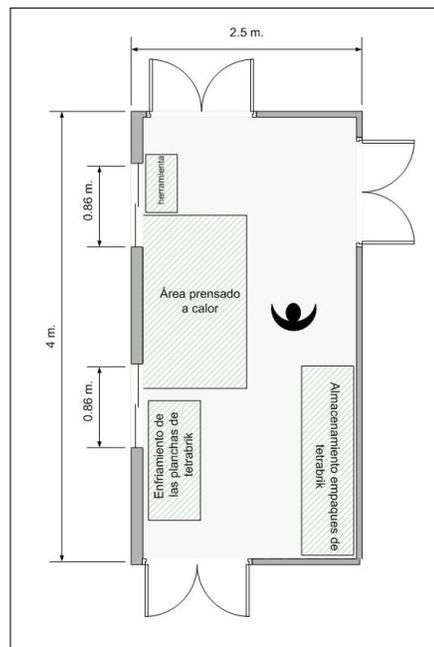
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 85. **Diseño del lugar de trabajo para la estación de corte y lavado**



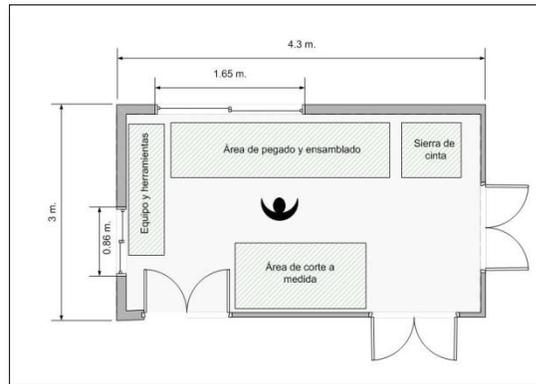
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 86. **Diseño del lugar de trabajo la estación de prensado a calor**



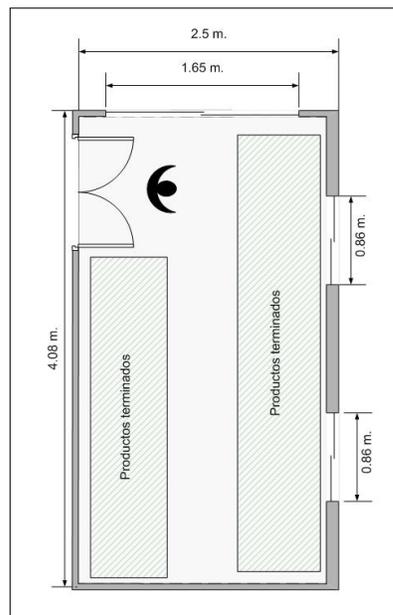
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 87. **Diseño del lugar de trabajo para la estación de corte a medida y ensamblado**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 88. **Diseño del lugar de trabajo la bodega de producto terminado**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

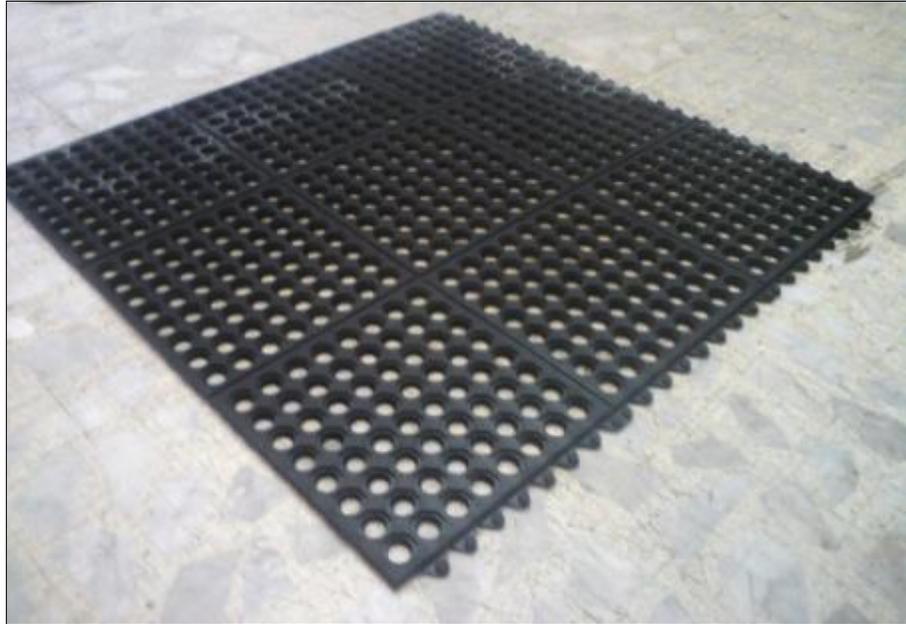
- Equipo y herramienta

Dentro de esta sección se busca principalmente la comodidad del operario, ya que dentro de las estaciones de trabajo todas las actividades que desarrollan los operarios son de pie, por lo cual se utilizará en cada estación tapete antifatiga para mejorar las condiciones de trabajo cuya función es la mejora de la circulación, como resultado el operario que no utilice tapete antifatiga, sufre lesiones en las extremidades, espalda baja, circulación sanguínea, como consecuencia esto causa que los músculos se fatiguen.

La necesidad del tapete antifatiga surgió de la necesidad de que el operario tiene que trabajar períodos mayores a 4 horas al día, por lo cual se ha vinculado con diferentes problemas de salud, dentro de las cuales están:

- Lumbalgia: dolor en la espalda baja o también llamado zona lumbar.
- Dolor de pies y piernas.
- Fascitis plantar: es la inflamación del tejido grueso en la planta o parte inferior del pie. Este tejido se denomina fascia plantar y es el que conecta el calcáneo a los dedos y crea el arco del pie.
- Hinchazón de piernas y pies.
- Venas varicosas: son venas hinchadas, retorcidas y, algunas veces, dolorosas que se han llenado con una acumulación de sangre anormal.

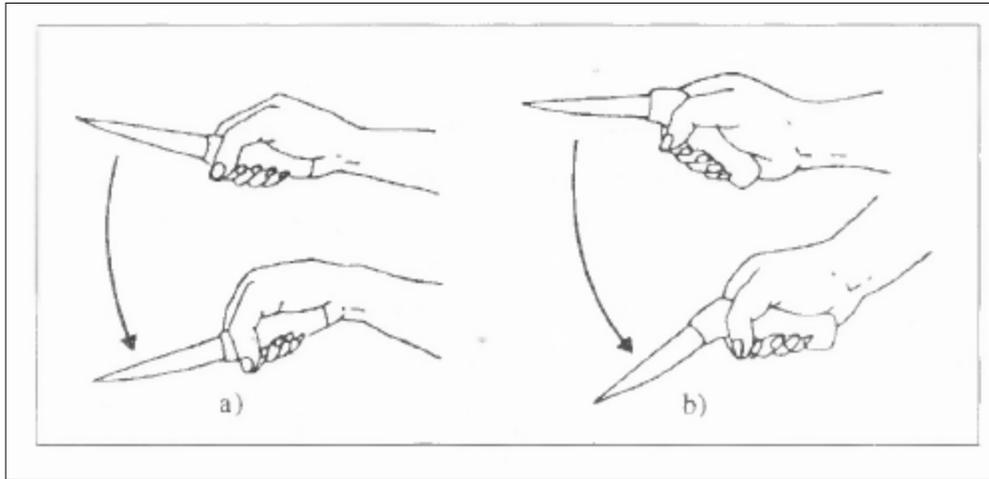
Figura 89. **Tapete antifatiga propuesto para cada estación de trabajo**



Fuente: [http://pro-hule.com/?page\\_id=144](http://pro-hule.com/?page_id=144). Consulta: enero de 2013.

Dentro del diseño de la herramienta se basa principalmente el método de trabajo del operario, con el fin de no tener lesiones, fatiga u otro acontecimiento que puedan dañarlo. Dentro de las siguientes imágenes se muestran el diseño actual y el mejorado que pueden ayudar a mejorar las condiciones laborales del trabajador.

Figura 90. **Diseño actual y mejorado de cuchillo**



Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. p. 216.

En la figura mostrada muestra, en el inciso a) un cuchillo convencional y en el inciso b) muestra un cuchillo modificado con agarre de pistola, que lo hace ergonómico, este tipo de herramienta es utilizada para el corte de la fórmica, dentro de la estación de trabajo de corte a medida y ensamblado.

#### **2.2.4.3. Calificación de desempeño**

El sistema que se va a utilizar para la calificación de desempeño de los operarios es el sistema Westinghouse, en el cual considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Los valores seleccionados se tomaron a partir de las pruebas prácticas que se desarrollaron en cada estación de trabajo: centro de acopio, bodega de

materia prima, bodega de producto final, prensado a calor, corte y lavado y la estación de corte a medida y ensamblado.

Figura 91. **Sistema Westinghouse, factor de habilidad**

**Tabla 11.2** Sistema Westinghouse para calificar habilidades

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

*Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.*

Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. p. 359.

Tabla XXII. **Valores de habilidad para las estaciones de trabajo**

Estación de trabajo	Calificación de habilidad		
	Valor porcentual (valor/100 %)	Tipo de código	Descripción
Centro de acopio	+0,06	C2	Bueno
Bodega de materia prima	+0,06	C2	Bueno
Corte y lavado	+0,08	B2	Excelente
Prensado a calor	+0,08	B2	Excelente
Corte a medida y ensamblado	+0,11	B1	Excelente
Bodega de producto terminado	0,06	C2	Bueno

Fuente: elaboración propia.

Figura 92. **Sistema Westinghouse, factor de esfuerzo**

**Tabla 11.3** Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

*Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.*

Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. p. 359.

Tabla XXIII. **Valores de esfuerzo para las estaciones de trabajo**

Estación de trabajo	Calificación de esfuerzo		
	Valor porcentual (Valor/100 %)	Tipo de código	Descripción
Centro de acopio	+0,05	C2	Bueno
Bodega de materia prima	+0,05	C2	Bueno
Corte y lavado	+0,08	B2	Excelente
Prensado a calor	+0,08	B2	Excelente
Corte a medida y ensamblado	+0,10	B1	Excelente
Bodega de producto terminado	+0,05	C2	Bueno

Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Sistema Westinghouse, factor de condiciones**

<b>Tabla 11.4</b> Sistema Westinghouse para calificar las condiciones		
+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

*Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.*

Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. p. 359.

Tabla XXIV. **Valores de condiciones para las estaciones de trabajo**

Estación de trabajo	Calificación de condiciones		
	Valor porcentual (valor/100 %)	Tipo de código	Descripción
Centro de acopio	+0,02	C	Bueno
Bodega de materia prima	+0,02	C	Bueno
Corte y lavado	+0,02	C	Bueno
Prensado a calor	+0,02	C	Bueno
Corte a medida y ensamblado	+0,02	C	Bueno
Bodega de producto terminado	+0,02	C	Bueno

Fuente: elaboración propia.

Figura 94. **Sistema Westinghouse, factor de consistencia**

**Tabla 11.5** Sistema Westinghouse para calificar la consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

*Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.*

Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo.* p. 417.

Tabla XXV. **Valores de consistencia para las estaciones de trabajo**

<b>Estación de trabajo</b>	<b>Calificación de consistencia</b>	<b>habilidad</b>
	<b>Valor porcentual (valor/100 %)</b>	<b>Descripción</b>
	<b>Tipo de código</b>	
Centro de acopio	+0,03	B
Bodega de materia prima	+0,03	B
Corte y lavado	+0,00	D
Prensado a calor	+0,03	B
Corte a medida y ensamblado	+0,03	B
Bodega de producto terminado	+0,00	D

Fuente: elaboración propia.

- Sumatoria de los cuatro factores del sistema Westinghouse para cada estación de trabajo:

$$\text{centro de acopio} = 0,06 + 0,05 + 0,02 + 0,03 = 0,16$$

$$\text{bodega de materia prima} = 0,06 + 0,05 + 0,02 + 0,03 = 0,16$$

$$\text{corte y lavado} = 0,08 + 0,08 + 0,02 + 0,00 = 0,18$$

$$\text{prensado a calor} = 0,08 + 0,08 + 0,02 + 0,03 = 0,21$$

$$\text{corte a medida y ensamblado} = 0,11 + 0,10 + 0,02 + 0,03 = 0,26$$

$$\text{bodega de producto terminado} = 0,06 + 0,05 + 0,02 + 0,00 = 0,13$$

Tabla XXVI. **Calificación total para cada estación de trabajo por el sistema Westinghouse**

<b>Estación de trabajo</b>	<b>Calificación de desempeño (valor/100 %)</b>
Centro de acopio	0,16
Bodega de materia prima	0,16
Corte y lavado	0,18
Prensado a calor	0,21
Corte a mediad	0,26
Bodega de producto terminado	0,13

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.4. Suplementos**

Los suplementos son valores que se toman en cuenta las interrupciones, demoras y disminuciones en el paso causadas por fatiga en todas las tareas asignadas. Para el cálculo de los suplementos en cada estación de trabajo dentro de los cuales están divididos en dos tipos de suplementos: los suplementos constantes y los variables conforme a la Oficina Internacional de Trabajo en Estados Unidos (International Labour Office- ILO, 1957) con lo cual el cálculo se tiene a continuación:

Figura 95. Suplementos recomendados por ILO

**Tabla 11.9** Holguras recomendadas por ILO

<b>A. Holguras constantes:</b>	
1. Holgura personal. ....	5
2. Holgura por fatiga básica. ....	4
<b>B. Holguras variables:</b>	
1. Holgura por estar parado. ....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda. ....	0
b) Incómoda (flexionado). ....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado). ....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5. ....	0
10. ....	1
15. ....	2
20. ....	3
25. ....	4
30. ....	5
35. ....	7
40. ....	9
45. ....	11
50. ....	13
60. ....	17
70. ....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado. ....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado. ....	2
c) Muy inadecuada. ....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable. ....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino. ....	0
b) Trabajo fino o exacto. ....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto. ....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo. ....	0
b) Intermitente: fuerte. ....	2
c) Intermitente: muy fuerte. ....	5
d) De tono alto: fuerte. ....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo. ....	1
b) Espacio de atención compleja o amplia. ....	4
c) Muy complejo. ....	8
9. Monotonía:	
a) Baja. ....	0
b) Media. ....	1
c) Alta. ....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso. ....	0
b) Tedioso. ....	2
c) Muy tedioso. ....	5

Fuente: W. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. p. 418.

Tabla XXVII. **Suplementos para el centro de acopio, conforme a ILO**

<b>Descripción del suplemento</b>	<b>Valor del suplemento (valor/100 %)</b>
<b>Suplemento constante</b>	
personal	0,05
por fatiga básica	0,04
<b>Suplemento variable</b>	
por estar de pie	0,02
Peso levantado	0,01
Monotonía medio	0,01
Tedioso	0,02
<b>Total del suplemento</b>	<b>0,15</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Suplementos para corte y lavado, conforme a ILO**

<b>Descripción del suplemento</b>	<b>Valor del suplemento (valor/100 %)</b>
<b>Suplemento constante</b>	
personal	0,05
por fatiga básica	0,04
<b>Suplemento variable</b>	
por estar de pie	0,02
Peso levantado en libras	0,01
Monotonía medio	0,01
tedioso	0,02
<b>Total del suplemento</b>	<b>0,15</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Suplementos para estación de prensado a calor, conforme a ILO**

Descripción del suplemento	Valor del suplemento (valor/100 %)
<b>Suplemento constante</b>	
personal	0,05
por fatiga básica	0,04
<b>Suplemento variable</b>	
por estar de pie	0,02
Peso levantado en libras	0,02
Trabajo preciso	0,02
Estrés mental complejo	0,01
Monotonía medio	0,01
tedioso	0,02
<b>Total del suplemento</b>	<b>0,19</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Suplementos para estación de corte a medida y ensamblado, conforme a ILO**

Descripción del suplemento	Valor del suplemento (valor/100 %)
<b>Suplemento constante</b>	
personal	0,05
por fatiga básica	0,04
<b>Suplemento variable</b>	
por estar de pie	0,02
Peso levantado en libras	0,01
Nivel de ruido intermitente-fuerte	0,02
Trabajo preciso	0,02
Estrés mental complejo	0,01
Monotonía medio	0,01
tedioso	0,02
<b>Total del suplemento</b>	<b>0,21</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Suplementos totales por cada estación de trabajo**

<b>Descripción estación trabajo</b>	<b>Valor del suplemento (valor/100 %)</b>
Centro de acopio	<b>0,15</b>
Corte y lavado	<b>0,15</b>
Prensado a calor	<b>0,19</b>
Corte a medida y ensamblado	<b>0,21</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.5. Balanceo de la línea de producción**

El balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso.

El balanceo de líneas es muy importante, ya que principalmente se desarrolla para ver si el proceso de producción es el óptimo, dentro del cual abarca principalmente los factores de: mano de obra, ritmo de producción, tiempo estándar en cada estación, jornada de trabajo entre otros, para esto se necesita hacer los cálculos respectivos y determinar tiempos estándar, que se obtienen por las siguientes fórmulas:

$$T_n = T_c * (1 + \text{calificación})$$

- Donde:
  - $T_n$  = tiempo normal
  - $T_c$  = tiempo conometrado
  - calificación = valor proporcionado por el analista

Para el cálculo se tomó como referencia la tabla XIX que son tiempos cronometrados, por lo que se hizo un pronóstico para poder desarrollar una estimación de los productos terminados para lo cual se tomó el tiempo más largo conforme a las pruebas prácticas.

Tabla XXXII. **Tiempos normal para cada estación de trabajo**

<b>Descripción estación trabajo</b>	<b>Tiempo cronometrado (min)</b>	<b>Calificación (valor/100 %)</b>	<b>Tn=Tc*(1+calificacion) (min)</b>	<b>Tiempo normal (min)</b>
Centro de acopio	10,62	0,16	10,62*(1+0,16)	<b>12,32</b>
Corte y lavado	71,79	0,18	71,79*(1+0,18)	<b>84,71</b>
Prensado a calor	33,2	0,21	33,2*(1+0,21)	<b>40,17</b>
Corte a medida y ensamblado	120	0,26	120*(1+0,26)	<b>151,2</b>

Fuente: elaboración propia.

$$TE = Tn * (1 + suplementos)$$

- Donde:
  - TE = tiempo estándar
  - Tn = tiempo normal
  - suplementos = valor proporcionado por el analista

Tabla XXXIII. **Tiempos normales y suplemento por cada estación de trabajo**

Descripción estación trabajo	Tiempo normal (min)	Suplemento (valor/100%)	TE=Tn*(1+suplementos) (min)	Tiempo estándar (min)
Centro de acopio	12,32	0,15	12,32*(1+0,15)	<b>14,17</b>
Corte y lavado	84,71	0,15	84,71*(1+0,15)	<b>97,42</b>
Prensado a calor	40,17	0,19	40,17*(1+0,19)	<b>46,20</b>
Corte a medida y ensamblado	151,2	0,21	151,2*(1+0,21)	<b>182,95</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Tiempos estándar conforme a cada estación de trabajo**

Descripción estación trabajo	Tiempo estándar (min)
Centro de acopio	14,17
Corte y lavado	97,42
Prensado a calor	46,20
Corte a medida y ensamblado	182,95
<b>total</b>	<b>340,74</b>

Fuente: elaboración propia.

- Fórmula balance de línea de producción

$$\% \text{ de Eficiencia} = \frac{(\text{TE}) * (\text{Produccion Jornada})}{(\text{Tiempo de Jornada}) * (\# \text{ de Operarios})} \text{ (ecuación 1)}$$

- Se despeja de la ecuación 1 el # de operarios

$$\# \text{ de Operarios} = \frac{(\text{TE}) * (\text{Producción de Jornada})}{(\text{Tiempo de Jornada}) * (\% \text{ de Eficiencia})} \text{ (ecuación 2)}$$

- Donde:

- ✓ TE = tiempo estándar en minutos
- ✓ producción jornada =  
piezas creadas en una jornada de trabajo
- ✓ tiempo de jornada =  
valor en minutos de la jornada de trabajo
- ✓ % eficiencia =  
porcentaje deseado en cada estación de trabajo

- Fórmula de la eficiencia

$$\text{ef}(\%) = \frac{t_a}{\sum(t)} * 100$$

- Donde:

- ✓ ef = eficiencia de la línea de producción
- ✓  $\sum(t)$  =  
suma total de los tiempos de cada estación de trabajo (min)
- ✓  $t_a$  = tiempo de la estación más lenta (min)

- Cálculo de la eficiencia de la línea de producción

$$\text{ef}(\%) = \frac{182,95}{340,74} * 100 = 53,69 \%$$

- Para una jornada diurna de 8 horas diarias y una eficiencia de 53,69 %

$$\text{jornada de trabajo} = 8 \text{ horas de trabajo} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 480 \text{ minutos}$$

producción por jornada

= tiempo estándar de las estación mas lenta (corte a medida)

$$\text{TE} = 182,95 \text{ minutos} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 3,05 \text{ horas}$$

$$\text{producción por jornada} = \frac{8 \text{ horas}}{3,05} = 2,6 = 2 \text{ producto terminado}$$

- Centro de acopio

$$\# \text{ de Operarios} = \frac{(14,17) * (2)}{(480) * (0,5369)} = 0,1010 \text{ operarios}$$

- Corte y lavado

$$\# \text{ de Operarios} = \frac{(97,42) * (2)}{(480) * (0,5369)} = 0,7560 \text{ operarios}$$

- Prensado a calor

$$\# \text{ de Operarios} = \frac{(46,20) * (2)}{(480) * (0,5369)} = 0,3585 \text{ operarios}$$

- Corte a medida y ensamblado

$$\# \text{ de Operarios} = \frac{(182,95) * (2)}{(480) * (0,5369)} = 1,5198 \text{ operarios}$$

Tabla XXXV. **Números de operarios con una eficiencia de 53,69 %**

Descripción estación trabajo	Número de operarios	Cantidad de empaques de tetrabrik	Planchas de tetrabrik	Cantidad de operarios
Centro de acopio	0,1010	80	-	1
Corte y lavado	0,7560	80	-	1
Prensado a calor	0,3595	-	21	1
Corte a medida y ensamblado	1,5198	-	21	2
			<b>Total de operarios</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia.

En las estaciones de bodega de materia prima y bodega de producto final, no es necesario tener un operario en cada estación de trabajo, ya que los operarios de las estaciones de corte y lavado, prensado a calor y corte a medida y ensamblado, trasladarán la materia prima y producto terminado a dichas bodegas.

Conforme al balanceo de la línea de producción, se determinó que se pueden producir 2 repisas o producto final por día.

### 2.2.5. Distribución de costo de producción

En esta sección se desarrollarán diferentes aspectos económicos como lo son: inventarios de materia prima, planillas para la mano de obra, el gasto de

fabricación, con el fin de determinar el costo de producir una unidad, así como el precio de venta del producto final.

### 2.2.5.1. Materia prima

Es el recurso que usa en la producción, con el fin de poder transformarlo en un producto final, en este caso es la repisa con planchas de tetrabrik, con lo cual la materia prima, son los envases de tetrabrik posconsumo, proporcionados por el proveedor, para lo cual se fijo un precio de Q. 0,10 por cada libra de tetrabrik, con lo cual se cuenta con un inventario inicial de 5 029 empaque de tetrabrik en la bodega de materia prima.

Dentro del proceso de la transformación de los envases de tetrabrik a producto final que en este caso son repisas se utilizaron materiales directos e indirectos.

- Materiales directos
  - Empaques de tetrabrik

$$\text{cantidad de libras disponibles} = \frac{1 \text{ libra tetrabrik}}{16 \text{ empaques}} * \frac{5\ 029 \text{ empaques}}{x \text{ libras tetrabrik}}$$

$$\text{cantidad de libras disponibles} = 314,31 \text{ libras de tetrabrik}$$

$$\text{total en quetzales materia prima} = 314,31 * 0,10 = \text{Q. } 31,43$$

Tabla XXXVI. **Costo de materia prima**

Cantidad de libras	Costo por libra (Q.)	Total (Q.)
314,31	0,10	31,43

Fuente: elaboración propia.

○ Planchas de fórmica

▪ Cálculo:

1 plancha fórmica de 2,5 \* 2,5 metros = 4 repisas

$$\text{total de planchas} = \frac{1 \text{ plancha fórmica}}{4 \text{ repisas}} * \frac{40 \text{ repisas}}{x \text{ planchas fórmica}} = 10 \text{ planchas}$$

Tabla XXXVII. **Costo total de planchas de fórmica mensual**

Cantidad de planchas de fórmica mensual	Costo unitario (Q.)	Total (Q.)
10	150,00	1 500,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Costo total de materiales directos mensuales**

Descripción	Total (Q.)
Empaques de tetrabrik	31,43
Planchas de fórmica	1 500,00
<b>total</b>	<b>1 531,43</b>

Fuente: elaboración propia.

- Materiales indirectos

Tabla XXXIX. **Costo total de materiales indirectos mensuales**

Descripción	Cantidad	Costo unitario (Q.)	Total (Q.)
Tonillos para madera	2 libras	5,40	10,80
Pegamento (cemento de contacto)	2 galones	80,00	160,00
Pegamento (cola para madera)	1 galón	45,00	45,00
	<b>total</b>		<b>215,80</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Costo total materia prima mensual**

Descripción	Cantidad (Q.)
Materiales directos	1 531,43
Materiales indirectos	215,80
<b>total</b>	<b>1 747,23</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.5.2. Planillas laborales

La mano de obra fue tomada a partir del balance de línea, con el cual se obtuvo un total de 5 trabajadores, dentro del cual se elaboró una planilla, con las prestaciones de ley que rige el gobierno de Guatemala.

- Jornada de trabajo:
  - Se tomó una jornada diurna, que comprende de 8 horas diarias, de lunes a viernes para un total de 40 horas a la semana,

conforme a la base legal, artículo 102 inciso G, de la Constitución y 116,117, 122, del Código de trabajo.

- Salario ordinario= salario diario.
- Salario extraordinario= salario hora extra.
  
- Salario mínimo diario = Q. 71,40
- IGSS laboral = 4,83 % sobre ingreso ordinario y extraordinario
- Bonificación 78-89 = Q. 250,00 mensual
  
- Cuotas patronales
  - IGSS patronal= 10,67 % sobre ingreso ordinario y extraordinario.
  - IRTRA= 1 % sobre ingreso ordinario y extraordinario.
  - INTECAP= 1 % sobre ingreso ordinario y extraordinario.
  
- Cálculo planilla laboral:
  - Salario por hora

$$\text{salario} = \frac{\text{Q. 71,40}}{8 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{\text{Q. x}} = \frac{\text{Q. 8,93}}{\text{hora}}$$

- Salario por semana

$$\text{salario} = 48 \text{ horas} * \frac{\text{Q8,93}}{\text{hora}} = \text{Q. 428,4}$$

- Cálculo del séptimo día

$$\text{séptimo dia} = \frac{\text{sueldo ordinario}}{\text{dias trabajados}} = \frac{428,4}{5} = \text{Q. 85,68}$$

Tabla XLI. **Sueldo ordinario semanal**

Nombre	Días laborales						Total horas trabajadas	Total de horas ordinarias	Sueldo hora ordinaria (Q.)	7 día (Q.)	Sub Total (Q.)
	L	M	M	J	V	S					
Operario 1	8	8	8	8	8	-	40	48	428,4	85,68	<b>514,08</b>
Operario 2	8	8	8	8	8	-	40	48	428,4	85,68	<b>514,08</b>
Operario 3	8	8	8	8	8	-	40	48	428,4	85,68	<b>514,08</b>
Operario 4	8	8	8	8	8	-	40	48	428,4	85,68	<b>514,08</b>
Operario 5	8	8	8	8	8	-	40	48	428,4	85,68	<b>514,08</b>

Fuente: elaboración propia.

- Bonificación Decreto 78-89

$$\text{bonificación} = \frac{\text{Q. 250 al mes}}{4 \text{ semanas}} = \text{Q. 58,33 a la semana}$$

- Cuota laboral IGSS

$$\text{IGSS laboral} = (\text{sueldo ordinario}) * 0,0483$$

$$\text{IGSS laboral} = (514,08) * 0,0483 = \text{Q. 24,83}$$

Tabla XLII. **Planilla semanal para 5 operarios**

<b>Nombre</b>	<b>Sub total (Q.)</b>	<b>Bonificación decreto 78-89 (Q.) (+)</b>	<b>IGSS laboral (Q.) (+)</b>	<b>Total (Q.)</b>
Operario 1	514,08	58,33	24,83	597,24
Operario 2	514,08	58,33	24,83	597,24
Operario 3	514,08	58,33	24,83	597,24
Operario 4	514,08	58,33	24,83	597,24
Operario 5	514,08	58,33	24,83	597,24
			<b>Total</b>	<b>2 986,2</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Planilla mensual mano de obra**

<b>Nombre</b>	<b>Sueldo semanal (Q.)</b>	<b>Semanas trabajadas (*)</b>	<b>Total salario mensual (Q.)</b>
Operario 1	597,24	4	2 388,96
Operario 2	597,24	4	2 388,96
Operario 3	597,24	4	2 388,96
Operario 4	597,24	4	2 388,96
Operario 5	597,24	4	2 388,96
		<b>Total</b>	<b>11 914,80</b>

Fuente: elaboración propia.

El total de mano de obra mensual para la empresa es de Q. 11 914,80

- Cálculo de provisiones de prestaciones mensuales

- Bono 14

$$b14 = \text{salario ordinario} * (1/12)$$

$$b14 = 514,8 * \left(\frac{1}{12}\right) = Q. 42,9$$

- Aguinaldo

$$\text{agui} = \text{salario ordinario} * (1/12)$$

$$\text{agui} = 514,8 * \left(\frac{1}{12}\right) = Q. 42,9$$

- Vacaciones

$$\text{vac} = \text{salario ordinario} * (1/12)$$

$$\text{vac} = 514,8 * \left(\frac{15}{365}\right) = Q. 21,16$$

- Indemnización

$$\text{ind} = \text{salario ordinario} * (1/12)$$

$$\text{ind} = 514,8 * \left(\frac{1}{12}\right) = Q. 42,9$$

- IGSS patronal

$$\text{IGSS Patron} = \text{salario ordinario} * (0,1067)$$

$$\text{IGSS patron} = 514,8 * (0,1067) = Q. 54,93$$

- IRTRA

$$\text{IRTRA} = \text{salario ordinario} * (0,01)$$

$$\text{INTRA} = 514,8 * (0,01) = Q. 5,14$$

- INTECAP

$$\text{INTECAP} = \text{salario ordinario} * (0,01)$$

$$\text{INTECAP} = 514,8 * (0,01) = Q. 5,14$$

- Sumatoria de cuota patronal mensual para 1 operario  
 $cp = 42,9 + 42,9 + 21,16 + 42,9 + 54,93 + 5,14 + 5,14$   
 $= Q. 215,10$  semanal/ 1 opeario

$$cp = 215,10 * 4 = Q. 860,4 \text{ mensual/1 opeario}$$

Tabla XLIV. **Provisión de prestaciones mensual**

<b>Nombre</b>	<b>Total cuota patronal mensual (Q.)</b>
Operario 1	860,4
Operario 2	860,4
Operario 3	860,4
Operario 4	860,4
Operario 5	860,4
<b>Total</b>	<b>4 302,00</b>

Fuente: elaboración propia.

- Total de mano de obra mensual

Tabla XLV. **Costo mensual de mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (Q.)</b>
Pago de planilla mensual	11 914,80
Provisión de prestaciones mensual	4 302,00
<b>Total mano obra</b>	<b>16 216,80</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.5.3. Gasto de fabricación

Los gastos de fabricación son todos aquellos costos que no están incluidos directamente en el producto final, pero que son parte para el proceso de producción, con el cual para el desarrollo del producto final tenemos:

- Costo en la estación de corte y lavado (agua potable y desinfectante)

Tabla XLVI. Costo mensual de agua potable y desinfectante

Descripción	Cantidad	Costo unitario (Q.)	Valor Monetario (Q.)
Metros cúbicos consumidos (Q.)	70 metros cúbicos	4,48	313,16
Cargo fijo por EMPAGUA (Q.)			17,92
<b>Sub total (Q.)</b>			<b>331,08</b>
Alcantarillado (20 %) sobre consumo (Q.)			66,22
<b>Total costo de agua (Q.)</b>			<b>397,30</b>
(+) Costo desinfectante (Q.)	200 galones	10,50	2 100,00
<b>Total de gastos (Q.)</b>			<b>2 431,08</b>

Fuente: elaboración propia.

- Costo en la estación de prensado a calor (electricidad)
  - Se utilizó una hornilla eléctrica con el cual conforme a las especificaciones, el consumo en Watts es de 1 125.
  - Datos:
    - Consumo hornilla eléctrica= 1 125 Watts/ 1 000=1,13 Kilowatts.

- Costo kWh= Q. 1,80.
  - Horas de consumo eléctrico diario= 8 horas.
  - Días de consumo eléctrico mensual= 20 días.
- Cálculos

- Consumo diario de energía

$$\text{energía(kW * hora)} = (1,13 \text{ kW})(8) = 9,04 \text{ kWh}$$

- Consumo mensual

$$\text{cm} = (9,04 \text{ kW})(20) = 180,8 \text{ kWh}$$

- Costo mensual de kilowatts hora consumidos

$$\text{cm1} = (180,8 \text{ kWh}) \left( \frac{\text{Q. } 1,80}{\text{Kwh}} \right) = \text{Q. } 325,44$$

Tabla XLVII. **Detalle costo eléctrico mensual, sierra de cinta**

Descripción	Precios (Q.)	Consumo (kWh)	Total (Q.)
Cargo fijo por cliente (si IVA)	9,95	-	9,95
Energía (sin IVA)	1,80	180,8	325,44
Total cargo (sin IVA)			335,39
Total cargo (con IVA)			375,64
Tasa municipal (sin IVA) (13 %)			47,60
		<b>Total del mes</b>	<b>419,24</b>

Fuente: elaboración propia.

- Costo en la estación corte a medida y ensamblado (electricidad )
  - Se utilizó una sierra de cinta con el cual conforme a las especificaciones, el consumo en Watts es de 850
  - Datos:
    - Consumo hornilla eléctrica= 850 Watts/1 000=0,85 Kilowatts
    - Costo kWh= Q. 1,80
    - Horas de consumo eléctrico diario= 8 horas
    - Días de consumo eléctrico mensual= 20 días
  - Cálculos
    - Consumo diario de energía
 
$$\text{energía(kW * hora)} = (0,85 \text{ kW})(8) = 6,8 \text{ kWh}$$
    - Consumo mensual
 
$$\text{cm} = (6,8 \text{ kW})(20) = 136 \text{ kWh}$$
    - Costo mensual de kilowatts hora consumidos
 
$$\text{cm1} = (136 \text{ kWh}) \left( \frac{\text{Q. } 1,80}{\text{kWh}} \right) = \text{Q. } 244,80$$

Tabla XLVIII. **Detalle costo eléctrico mensual, sierra de cinta**

Descripción	Precios (Q.)	Consumo (kWh)	Total (Q.)
Cargo fijo por cliente (si IVA)	9,95	-	9,95
Energía (sin IVA)	1,80	136	244,8
Total cargo (sin IVA)			254,75
Total cargo (con IVA)			285,32
Tasa municipal (sin IVA) (13 %)			33,12
		<b>Total del mes</b>	<b>318,44</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Total de gasto de fabricación mensualmente**

Descripción	Cantidad (Q.)
Costo de agua, desinfectate	2 431,08
Costo eléctrico, hornilla eléctrica	419,24
Costo eléctrico, sierra de cinta	318,44
<b>total</b>	<b>3 168,76</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.5.4. **Ganancia neta por unidad**

En esta sección se desarrollaron una serie de pasos con el fin de encontrar el costo de producción total mensual, así como el precio unitario del producto final y el precio de venta deseado.

Tabla L. **Costo de producción mensual**

Descripción	Cantidad (Q.)
Materia prima	1 747,23
Mano de obra	16 216,80
Gastos de fabricación	3 168,76
<b>Costo producción mensual</b>	<b>21 132,79</b>

Fuente: elaboración propia.

- Costo unitario producto final

$$cu = \frac{\text{costo de producción mensual}}{\text{unidades producidas mensuales}}$$

$$cu = \frac{Q. 21 132,79}{40 \text{ repisas}} = Q. 528,32/\text{repisa}$$

- Precio de venta con una ganancia de 30 %

$$pv = \frac{\text{costo unitario}}{1 - \% \text{ ganancia}}$$

$$pv = \frac{Q. 528,32}{1 - 0,30} = Q. 754,74$$

- Ganancia neta por unidad

$$g = \text{precio de venta} - \text{costo unitario}$$

$$g = Q754,74 - Q. 528,32 = Q. 226,42/\text{repisa}$$

## **2.2.6. Control de la producción**

Dentro de esta sección se desarrollaron una serie de pasos con el fin de tener una planificación y control de la producción, con lo cual se desarrollaron plantillas para las órdenes de trabajo, así como un sistema de inventarios con el fin de poder estimar, el tiempo necesario para la compra de materia prima, inventario máximo, entre otros.

### **2.2.6.1. Pronóstico para demandas futura**

Como es un producto nuevo que se integrará al mercado comercial, no se tiene antecedentes sobre las ventas desarrolladas, con lo cual se parte a partir de la capacidad de producción mensual para poder predecir la demanda futura.

- Capacidad de la planta de producción mensual
  - Producción de producto final diario= 2 repisas
  - Días laborales mensuales= 20 días de lunes a viernes
  - Capacidad de producción mensual

$$\text{capacidad} = (20)(2) = 40 \text{ repisas mensuales}$$

Tabla LI. **Pronóstico de demanda y producción para un año calendario**

No.	Mes	Producción	Demanda (Repisas vendidas)
1	Enero	40	40
2	Febrero	40	40
3	Marzo	40	40
4	Abril	40	40
5	Mayo	40	40
6	Junio	40	40
7	Julio	40	40
8	Agosto	40	40
9	Septiembre	40	40
10	Octubre	40	40
11	Noviembre	40	40
12	Diciembre	40	40
	<b>Total anual</b>	<b>48</b>	<b>480</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6.2. Órdenes de trabajo para cada estación de trabajo

Las órdenes de trabajo, tiene como finalidad el control de los empaques de tetrabrik que entran a la planta por parte del proveedor, así como la cantidad almacenada en la bodega de materia prima y la cantidad total de repisas en la bodega de producto final, con lo cual se desarrollaron plantillas para que el operario pueda crear, una orden de trabajo, con el fin de tener niveles de materia prima y productos terminados óptimos.

- Centro de acopio: la orden de trabajo, tendrá la función de tener un control de la cantidad de envases de tetrabrik entrar a la planta, así como la cantidad de salida de dichos empaques hacia el traslado a otras estaciones de trabajo.

Figura 96. Orden de trabajo para el centro de acopio

Orden de trabajo Centro de acopio	
Datos generales	
Nombre del operario: _____	Código operario: _____
Fecha de entrega: _____	No. de folio: _____
Información técnica	
Cantidad de libras de tetrabrik entrada: _____	Fecha de recibido: _____
Cantidad de libras de tetrabrik salida: _____	Fecha de salida: _____
Descripción	
_____ (f) operario	_____ (f) proveedor

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Corte y lavado: la orden de trabajo en esta estación, tendrá como finalidad el control de entrada de empaques de tetrabrik para el proceso de lavado, así como las salidas de los empaques ya cortados y lavados, que serán trasladados hacia la bodega de materia prima.

Figura 97. **Orden de trabajo, estación de corte y lavado de los envases de tetrabrik**

<b>Orden de trabajo</b> <b>Corte y lavado de envases de tetrabrik</b>	
Datos generales	
Nombre del operario: _____	Código operario: _____
Fecha de entrega: _____	No. de folió: _____
Información técnica	
Cantidad de libras de tetrabrik entrada: _____	Fecha de recibido: _____
Cantidad de libras de tetrabrik salida: _____	Fecha de salida: _____
Descripción	
_____	_____
(f) operario	(f) autorizado

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Prensado a calor: la orden de trabajo en esta estación tendrá la finalidad, del control de las entradas de empaques de tetrabrik cortados y lavados y las salidas las planchas de dicho material hacia la bodega de materia prima.

Figura 98. Orden de trabajo para la estación de prensado a calor

Orden de trabajo Prensado a calor	
Datos generales	
Nombre del operario: _____	Código operario: _____
Fecha de entrega: _____	No. de folió: _____
Información técnica	
Cantidad de libras de tetrabrik entrada: _____	Fecha de recibido: _____
Cantidad de planchas de tetrabrik salida: _____	Fecha de salida: _____
Descripción	
_____	_____
(f) operario	(f) autorizado

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

- Corte a medida y ensamblado: en esta estación de trabajo, tendrá la finalidad de tener el control de la cantidad de planchas de tetrabrik que entrarán a la estación de trabajo, así como la salida del producto final (repisas).

Figura 99. **Orden de trabajo para la estación de trabajo de corte a medida y ensamblado**

Orden de trabajo Corte a medida y ensamblado	
Datos generales	
Nombre del operario: _____	Código operario: _____
Fecha de entrega: _____	No. de folió: _____
Información técnica	
Cantidad de planchas de tetrabrik entrada: _____	Fecha de entrada: _____
Cantidad producto final salida: _____	Fecha de salida: _____
Descripción	
_____	_____
(f) operario	(f) autorizado

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.



### 2.2.6.3.1. Compra de materia prima

El modelo de inventario que se escogió fue la compra sin déficit, o sin costo por faltante de materia prima, que en este caso son los empaques de tetrabrik, ya que el proveedor no tendrá escasez de dichos empaques, por ser de consumo cotidiano.

- Características compra sin déficit
  - La demanda se efectúa a tasa constante
  - Todos los coeficientes de los costos son constantes
  - Los costos son constantes
  - No se permite faltantes
  
- Cálculos
  - Costos
    - C1= costo unitario= Q. 528,32/ repisa
    - C2= costo por ordenar

costo por ordenar = costo unitario

costo por ordenar = Q. 528,32

- C3=Costo de almacenaje

$$\text{costo almacenaje} = \frac{\text{costos unitario total}}{\text{área de bodegas en m}^2}$$

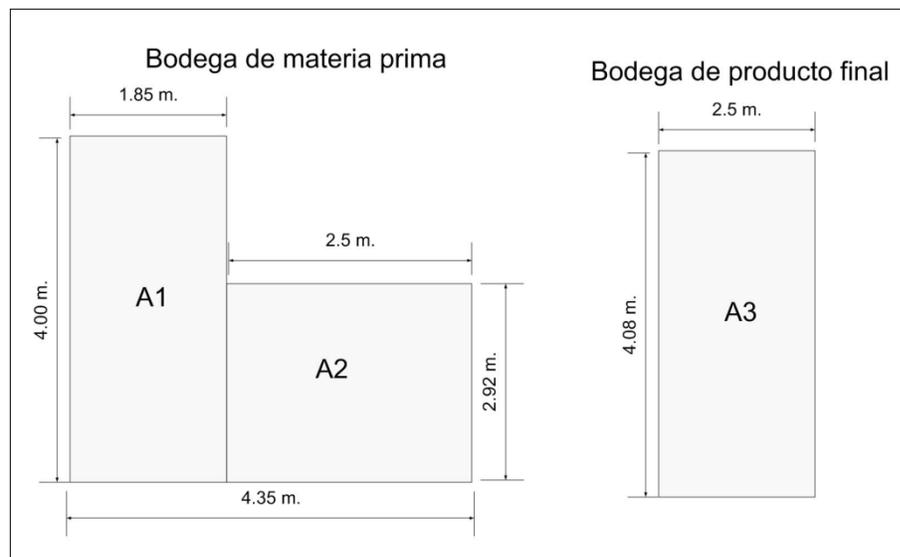
$$\text{área} = \text{base} * \text{altura}$$

- ✓ Costo unitario repisa= Q. 528,32
- ✓ Costo tetrabrik= Q. 0,10/ libra
- ✓ Costo fórmica= Q. 150,00/ plancha

costo unitario total = 528,32 + 0,10 + 150,00 = Q. 678,42

- ✓ Cálculo área físicas

Figura 101. **Áreas físicas de bodegas de materia prima y producto terminado**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

$$A1 = (1,85)(4) = 7,4 \text{ m}^2$$

$$A2 = (2,5)(2,92) = 7,2 \text{ m}^2$$

$$A3 = (2,5)(4,08) = 10,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 7,4 + 7,2 + 10,2 = 24,8 \text{ m}^2$$

✓ Costo por almacenaje

$$\text{costo almacenaje} = \frac{Q. 678,42}{24,8 \text{ m}^2} = Q. 27,35$$

○ Fórmulas compra sin déficit

$$Q = \sqrt{\frac{2 * c2 * D}{c3}}$$

$$t = \frac{Q}{D}$$

$$N = \frac{1}{t} = \frac{D}{Q}$$

$$CT = c1 * D + \frac{c2 * D}{Q} + \frac{c3 * Q}{2}$$

▪ Donde:

- ✓ Q= cantidad óptima
- ✓ C1=costo unitario Q. 528,32
- ✓ c2= costo por ordenar= Q. 528,32
- ✓ c3= costo almacenaje= Q. 27,35
- ✓ t= tiempo entre pedidos
- ✓ D= demanda= 40 repisas mensuales
- ✓ N=números de pedidos al mes
- ✓ CT= costo total al mes

- Cálculo:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 528,32 * 40}{27,35}} = 39,6 = 40 \text{ repisas}$$

$$t = \frac{40}{40} = 1 \text{ mes/pedido}$$

$$N = \frac{1}{1} = 1 \text{ pedido/mes}$$

$$CT = 528,32 * 40 + \frac{528,32 * 40}{40} + \frac{27,35 * 40}{2} = Q. 22 208,20/\text{mensuales}$$

Tabla LII. **Cuadro de resumen, compra sin déficit**

No.	Descripción	Símbolo	Resultado
1	Cantidad óptima	Q	40 repisas/mensuales
2	Tiempo de pedidos	t	1 mes/ pedido
3	Número de pedios	N	1 pedido/mes
4	Costo total	CT	Q. 22 208,20/ mensuales

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6.3.2. Producción

El modelo de inventario que se escogió fue la producción sin déficit, o sin costo por faltante de materia prima, ya que la producción de repisas no tiene tiempo de duración de déficit de consumo ni de producción.

- Características producción sin déficit
  - La demanda se efectúa a tasa constante

- Todos los coeficientes de los costos son constantes
- Los costos son constantes
- No se permiten faltantes
  
- Cálculo
  - Costos
    - C1= costo unitario= Q. 528,32/ repisa
    - C2= costo por ordenar= Q. 528,32/ repisa
    - c3= costo almacenaje= Q. 27,35
    - t= tiempo entre pedidos
    - t1=tiempo de manufactura
    - t2=tiempo de consumo
    - D= demanda= 40 repisas mensuales
    - N=números de pedidos al mes
    - CT= costo total al mes
    - R= tasa promedio de producción= 40 repisas/mensuales
    - IM= inventario máximo
  
- Fórmulas

$$Q = \sqrt{\frac{2 * c2 * D}{c3 (1 - \frac{D}{R})}}$$

$$t = \frac{Q}{D}$$

$$N = \frac{1}{t} = \frac{D}{Q}$$

$$t1 = \frac{Q}{R}$$

$$t2 = t1 + \frac{Q}{D}$$

$$IM = t1(R - D)$$

$$CT = c1 * D + \frac{c2 * D}{Q} + \frac{c3 * Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

- Cálculo

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 528,32 * 40}{27,35}} = 39,8 = 40 \text{ repisas/ mensuales}$$

$$t = \frac{40}{40} = 1 \text{ mes/ pedido}$$

$$N = \frac{1}{1} = 1 \text{ pedido/mes}$$

$$t1 = \frac{40}{40} = 1 \text{ mes/manufacturar}$$

$$t2 = 1 + \frac{40}{40} = 2 \text{ meses/consumo}$$

$$IM = 1(40 - 40) = 0 \text{ repisas/meses}$$

$$CT = 528,32 * 40 + \frac{528,32 * 40}{40} + \frac{27,35 * 40}{2} \left(1 - \frac{40}{40}\right) =$$

$$CT = Q. 21 661,12$$

Tabla LIII. **Cuadro de resumen, producción sin déficit**

No.	Descripción	Símbolo	Resultado
1	Cantidad óptima	Q	40 repisas/mensuales
2	Tiempo de pedidos	t	1 mes/ pedido
3	Número de pedidos	N	1 pedido/mes
4	Tiempo de manufactura	t1	1 mes/ manufacturar
5	Tiempo de consumo del producto final	t2	2 meses/ consumo
6	Inventario máximo	IM	0 repisas/ mes
7	Costo total	CT	Q. 21 661,12/ mensuales

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7. Control estadístico de la calidad

Se busca principalmente minimizar la producción defectuosa, estimar parámetros del proceso para poder comparar la producción con las especificaciones, con el cual se utilizarán gráficos de control.

#### 2.2.7.1. Mejoramiento de la calidad

Para poder mejorar la calidad del producto final, que en este caso es una repisa de planchas de tetrabrik con acabado exterior de fórmica, como resultado se desarrolló plantillas para el control estadístico de la misma. Dentro de la materia prima se desarrolló cartas de control para el tamaño de los empaques

de tetrabrik así como las planchas de dicho material, para lo cual se desarrolló en tres fases:

- Control estadístico planchas de tetrabrik (largo)
- Control estadístico planchas de tetrabrik (ancho)
- Control estadístico para el producto final

#### **2.2.7.2. Métodos estadísticos de control y muestreo de aceptación**

El método estadístico que se desarrolló fue los gráficos de control, que representan el comportamiento de un proceso en el tiempo a través de los valores estadísticos asociado con una o varias características del producto. Dentro de los gráficos de control se puede dividir en dos:

- Diagramas para el control de variables: se utilizan cuando las características de calidad pueden expresarse, como una media numérica (tamaño, longitud, etc.)
- Diagramas para el control de atributos: se utilizan cuando las características de calidad corresponde a una variable (presencia o no de defectos)

##### **2.2.7.2.1. Control estadístico planchas de tetrabrik (largo)**

El tipo de diagrama que se utilizó fue de variables, con el cual se midió 10 planchas de tetrabrik el largo y ancho, y se utilizó el gráfico de medias y rangos (X-R).

- Gráfico rangos
  - Fórmulas

$$\bar{X} = \frac{\text{sumado de los valores observados}}{\text{número de los valores observados}}$$

$\bar{R}$  = rango mayor observados – rango menor observados

$$\text{LIC} = \bar{X} - A2\bar{R}$$

$$\text{LSC} = \bar{X} + A2\bar{R}$$

$$\text{LC} = \bar{X}$$

- Donde:
  - ✓  $\bar{X}$  = media de los valores observados
  - ✓  $\bar{R}$  = rango observados
  - ✓ LIC = límite inferior control
  - ✓ LSC = límite superior control
  - ✓ LC = media de los valores observados
  - ✓ A2 = constante para el gráfico de control

- Cálculo

Tabla LIV. **Toma de mediciones del largo de las planchas de tetrabrik**

No.	Largo plancha de tetrabrik (cm)
1	22,3
2	22,3

Continuación de la tabla LIV.

3	22,2
4	22,3
5	22,4
6	22,2
7	22,2
8	22,3
9	22,3
10	22,3
<b>suma=222,82</b>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 102. **Valores gráficos de control**

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

Fuente: <http://optyestadistica.wordpress.com/2008/08/27/tabla-de-constantes-para-graficos-de-control/> Consulta: octubre de 2013.

- Para 10 observaciones:  $A_2=0,308$

$$\bar{X} = \frac{222,82}{10 \text{ observaciones}} = 22,28 \text{ cm}$$

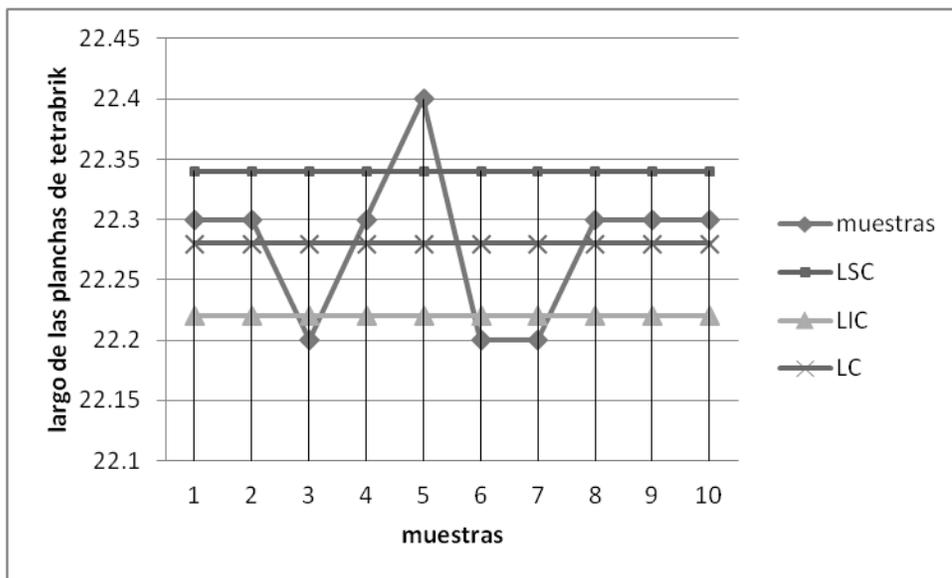
$$\bar{R} = 22,4 - 22,2 = 0,2 \text{ mm}$$

$$\text{LIC} = 22,28 - (0,308)(0,2) = 22,22 \text{ cm}$$

$$\text{LSC} = 22,28 + (0,308)(0,2) = 22,34 \text{ cm}$$

$$\text{LC} = 22,28 \text{ cm}$$

Figura 103. **Gráfico medias para largo de las planchas de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

- ✓ Los resultados obtenidos conforme a las muestras: 3, 5, 6, 7, están fuera del rango de control para el largo de los empaque de tetrabrik. Las causas pueden ser: equipo de medición defectuoso, mal manejo de la sierra de cinta por parte del operario para el corte a medida de las planchas de tetrabrik.

- Gráfico rangos

$\bar{R}$  = rango mayor observados – rango menor observados

$$LIC = D3\bar{R}$$

$$LSC = D4\bar{R}$$

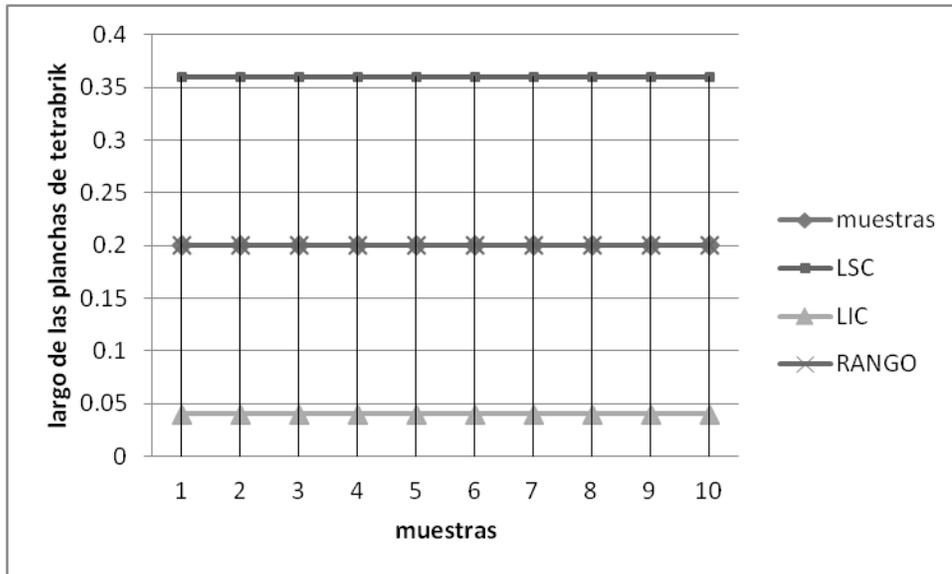
- Donde:
  - $\bar{R}$  = rango observados
  - LIC = límite inferior control
  - LSC = límite superior control
  - D3 = constante para el gráfico de control
  - D4 = constante para el gráfico de control
- Cálculo
  - Para 10 observaciones: D3= 0,223 y D4= 1,777

$$\bar{R} = 22,4 - 22,2 = 0,2 \text{ mm}$$

$$LIC = (0,223)(0,2) = 0,04 \text{ mm}$$

$$LSC = (1,777)(0,2) = 0,36 \text{ mm}$$

Figura 104. **Gráfico de rangos para largo de las planchas de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

- Conforme a los datos obtenidos, el rango permitido en el largo de las planchas de tetrabrik, tiene como rango máximo 0,36 milímetros con respecto a la media y 0,04 milímetros como límite inferior.

### 2.2.7.2.2. Control estadístico planchas de tetrabrik (ancho)

- Gráfico de medias
  - Fórmulas

$$\bar{X} = \frac{\text{sumado de los valores observados}}{\text{número de los valores observados}}$$

$\bar{R}$  = rango mayor observados – rango menor observados

$$\text{LIC} = \bar{X} - A2\bar{R}$$

$$\text{LSC} = \bar{X} + A2\bar{R}$$

$$\text{LC} = \bar{X}$$

- Donde:
  - ✓  $\bar{X}$  = media de los valores observados
  - ✓  $\bar{R}$  = rango observados
  - ✓ LIC = límite inferior control
  - ✓ LSC = límite superior control
  - ✓ LC = media de los valores observados
  - ✓ A2 = constante para el gráfico de control

- Cálculo

Tabla LV. **Toma de mediciones del ancho de los envases de tetrabrik**

No.	ancho plancha de tetrabrik (cm)
1	15,2
2	15,2
3	15,2
4	15,2
5	15,1
6	15,2
7	15,2
8	15,3
9	15,2
10	15,2
	<b>suma=152</b>

Fuente: elaboración propia.

- Para 10 observaciones:  $A_2 = 0,308$

$$\bar{X} = \frac{152}{10 \text{ observaciones}} = 15,2 \text{ cm}$$

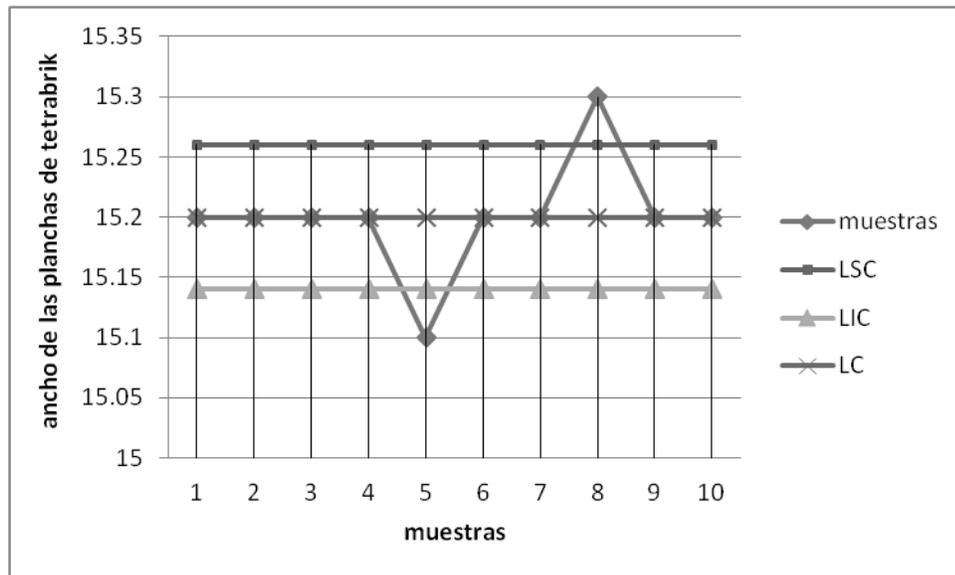
$$\bar{R} = 15,3 - 15,1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$LIC = 15,2 - (0,308)(0,2) = 15,14 \text{ cm}$$

$$LSC = 15,2 + (0,308)(0,2) = 15,26 \text{ cm}$$

$$LC = 15,2 \text{ cm}$$

Figura 105. **Gráfico medias para ancho de las planchas de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

- Los resultados obtenidos conforme a las muestras: 5, 8, están fuera del rango de control para el ancho de las planchas de tetrabrik. Las causas pueden ser: equipo de medición defectuoso, mal manejo de la sierra de cinta por parte del operario, mal manejo de la herramienta de medición para el corte a medida de las planchas de tetrabrik.

- Gráfico rangos

$\bar{R}$  = rango mayor observados – rango menor observados

$$LIC = D3\bar{R}$$

$$LSC = D4\bar{R}$$

- Donde:

- $\bar{R}$  = rango observados
- LIC = límite inferior control
- LSC = límite superior control
- D3 = constante para el gráfico de control
- D4 = constante para el gráfico de control

- Cálculo

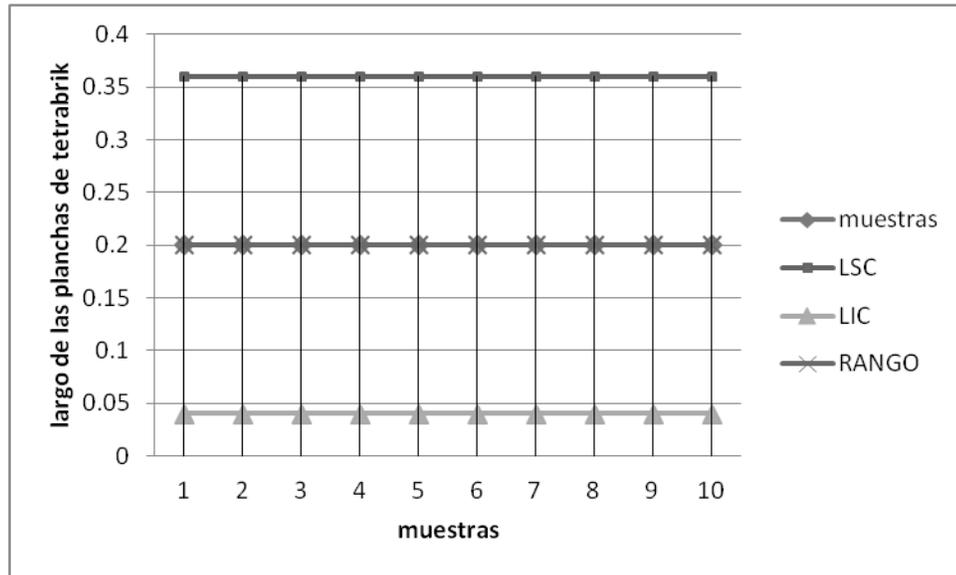
Para 10 observaciones: D3=0,223 y D4= 1,777

$$\bar{R} = 15,3 - 15,1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$LIC = (0,223)(0,2) = 0,04 \text{ mm}$$

$$LSC = (1,777)(0,2) = 0,36 \text{ mm}$$

Figura 106. **Gráfico de rangos para ancho de las planchas de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

- Conforme a los datos obtenidos, el rango permitido para el ancho de las planchas de tetrabrik, tiene como límite superior 0,36 milímetros, con respecto a la media, y 0,04 milímetros como límite inferior.

### 2.2.7.2.3. Control estadístico para el producto final

Para el control del producto final, se utilizó el gráfico de proporciones (P), la cual analiza las proporciones que no se cumplen con las especificaciones designadas, con lo cual tiene dos valores: aceptable o defectuosos, por consiguiente los valores se tomaron a partir del pronóstico mensual de 40 repisas producidas, con una proporción de 1 repisa defectuosa. Se tomará

como una repisa defectuosa la mala aplicación del acabado exterior, en el cual consiste en la aplicación de fórmica sobre las planchas de tetrabrik.

- Fórmulas

$$p = \frac{np}{n}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LIC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

- Donde:

- $p$  = proporción de no conformidad
- $n$  = cantidad de elementos por cada muestra
- $np$  = cantidad de elementos no conformes de la muestra
- $\bar{p}$  = promedio de proporción de no conformidad
- LIC = límite inferior control
- LSC = límite superior control

- Cálculo

$$p = \frac{1}{40} = 0,025$$

Tabla LVI. Toma de muestras del producto final (repisas)

Número de muestras	Cantidad inspeccionada	Cantidad de no conformidad (np)	Proporción de no conformidad (p)
1	40 repisa	1 repisa	0,025
2	40 repisa	1 repisa	0,025
3	40 repisa	1 repisa	0,025
4	40 repisa	1 repisa	0,025
5	40 repisa	1 repisa	0,025
6	40 repisa	1 repisa	0,025
7	40 repisa	1 repisa	0,025
8	40 repisa	1 repisa	0,025
9	40 repisa	1 repisa	0,025
10	40 repisa	1 repisa	0,025
11	40 repisa	1 repisa	0,025
12	40 repisa	1 repisa	0,025
	<b>480 repisas</b>	<b>12 repisas</b>	<b>0,3</b>

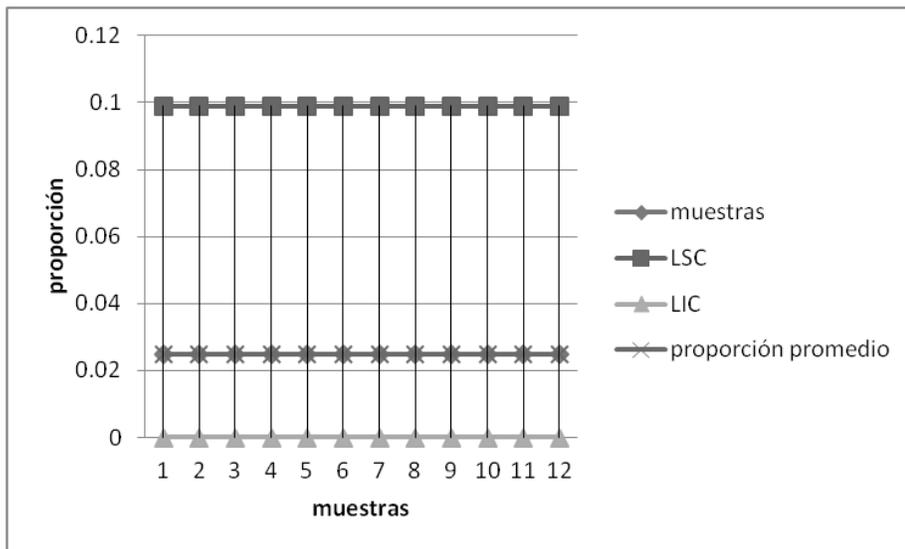
Fuente: elaboración propia.

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{12}{480} = 0,025$$

$$LSC = 0,025 + 3 \sqrt{\frac{0,025(1 - 0,025)}{40}} = 0,099$$

$$LIC = 0,025 - 3 \sqrt{\frac{0,025(1 - 0,025)}{40}} = -0,049 = 0$$

Figura 107. **Gráfico de proporciones (P) para el producto final (repisas)**



Fuente: elaboración propia.

- Conforme a los gráfico de proporciones (P) se obtuvo un límite superior de control de 0,099 o 9,9% repisas defectuosas máximas que se pueden obtener en un año, como límite inferior de control un valor 0 %, como defectos mínimos, el promedio de proporciones de no conformidad promedio es de 0,025 o 2,5 %.

### 2.2.8. Análisis económico

En esta sección, se desarrolló una serie de pasos, con el fin de ver si el proyecto es rentable o no para una futura ejecución, con el cual, se obtuvieron asesorías por la banca guatemalteca, dentro de los cuales están: el Banco de los Trabajadores (BANTRAB), Banco Crédito Hipotecario Nacional (CHN) y el

Banco de Desarrollo Rural (BANRUAL), con el cual se expuso la finalidad del proyecto, con el cual lo analizaron y se obtuvo el préstamo bancario.

Tabla LVII. **Rubros proporcionados por bancos guatemaltecos**

<b>Banco</b>	<b>Cantidad (Q.)</b>	<b>Interés anual (%)</b>	<b>Años</b>
BANTRAB	140 000	18 %	10
CHN	200 000	12 %	10
BANRUAL	150 000	13 %	10

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.8.1. Valor Presente Neto (VPN)**

El Valor Presente Neto (VPN), es una alternativa para la toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de ante mano si una inversión es rentable o no, con el fin de prevenir malas inversiones que en un futuro sean pérdidas para el inversionista.

El VPN se puede desplegar tres posibles respuestas:

- $VPN < 0$ , el proyecto no es rentable
- $VPN = 0$ , el proyecto no genera ganancia, pero tampoco pérdida
- $VPN > 0$ , el proyecto es rentable

Tabla LVIII. **Costos mensuales y anuales**

<b>Descripción</b>	<b>Costo mensual (Q.)</b>	<b>Costo anual (Q.)</b>
Materia prima	1 747,79	20 973,48
Mano de obra	16 216,80	194 601,60
Gastos de fabricación	3 168,76	38 025,12
Otros costos	1 075,41	12 904,92
<b>Total</b>	<b>22 208,76</b>	<b>266 505,12</b>

Fuente: elaboración propia.

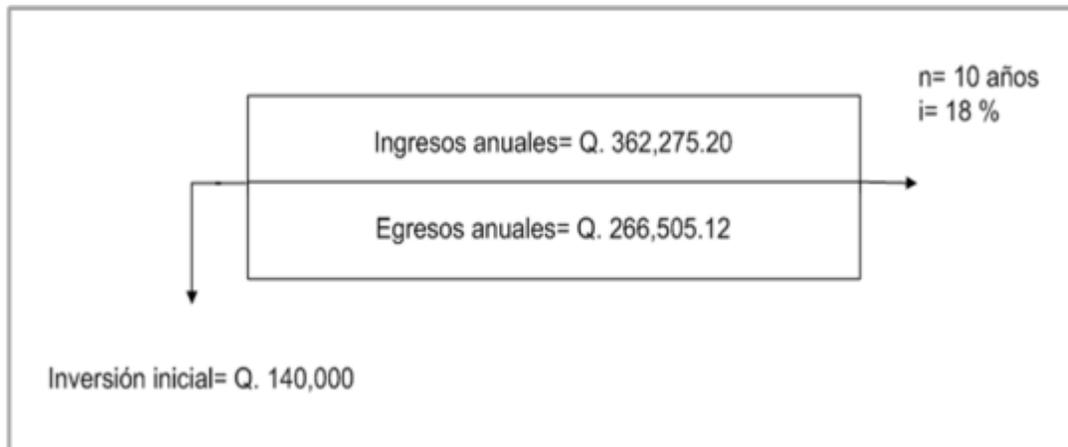
Tabla LIX. **Ingresos mensuales y anuales netos**

<b>Producción repisas mensuales (*)</b>	<b>Precio de venta unitario (Q.)</b>	<b>Ganancia neta mensual (Q.)</b>	<b>Ganancia neta anual (12 meses) (Q.)</b>
40	754,74	<b>30 189,60</b>	<b>362 275,20</b>

Fuente: elaboración propia.

- Opción BANTRAB
  - Datos:
    - Inversión inicial= Q. 140 000
    - Interés anual= 18 %
    - Cantidad años a pagar= 10
    - Ganancia netas anuales= Q. 362 275,20
    - Costos anuales= Q. 266 505,12

Figura 108. **Diagrama de flujo de caja, opción BANTRAB**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo
  - Para el cálculo se utilizó las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años ( $n$ ) el interés ( $i$ ) y el valor que se quiere obtener en este caso es un presente dado una anualidad ( $P/A$ ).

Figura 109. Tabla de factores de interés compuesto, interés de 18 %

18,00% TABLA 1 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto 18,00%								
n	Pagos Únicos		Pagos de serie uniforme			Gradientes aritméticos		
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor Presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G
1	1,1800	0,8475	1,00000	1,0000	1,18000	0,8475		
2	1,3924	0,7182	0,45872	2,1800	0,63872	1,5656	0,7182	0,4587
3	1,6430	0,6086	0,27992	3,5724	0,45992	2,1743	1,9354	0,8902
4	1,9388	0,5158	0,19174	5,2154	0,37174	2,6901	3,4828	1,2947
5	2,2878	0,4371	0,13978	7,1542	0,31978	3,1272	5,2312	1,6728
6	2,6996	0,3704	0,10591	9,4420	0,28591	3,4976	7,0834	2,0252
7	3,1855	0,3139	0,08236	12,1415	0,26236	3,8115	8,9670	2,3526
8	3,7589	0,2660	0,06524	15,3270	0,24524	4,0776	10,8292	2,6558
9	4,4355	0,2255	0,05239	19,0859	0,23239	4,3030	12,6329	2,9358
10	5,2338	0,1911	0,04251	23,5213	0,22251	4,4941	14,3525	3,1936
11	6,1759	0,1619	0,03478	28,7551	0,21478	4,6560	15,9716	3,4303
12	7,2876	0,1372	0,02863	34,9311	0,20863	4,7932	17,4811	3,6470
13	8,5994	0,1163	0,02369	42,2187	0,20369	4,9095	18,8765	3,8449
14	10,1472	0,0985	0,01968	50,8180	0,19968	5,0081	20,1576	4,0250
15	11,9737	0,0835	0,01640	60,9653	0,19640	5,0916	21,3269	4,1887
16	14,1290	0,0708	0,01371	72,9390	0,19371	5,1624	22,3885	4,3369
17	16,6722	0,0600	0,01149	87,0680	0,19149	5,2223	23,3482	4,4708
18	19,6733	0,0508	0,00964	103,7403	0,18964	5,2732	24,2123	4,5916
19	23,2144	0,0431	0,00810	123,4135	0,18810	5,3162	24,9877	4,7003
20	27,3930	0,0365	0,00682	146,6280	0,18682	5,3527	25,6813	4,7978

Fuente: <http://foroupiicsa.net/downloads/tablas.pdf>. Consulta: septiembre de 2013.

$$VPN = -140\,000 - 266\,505,12(P/A, i, n) + 362\,275,20(P/A, i, n)$$

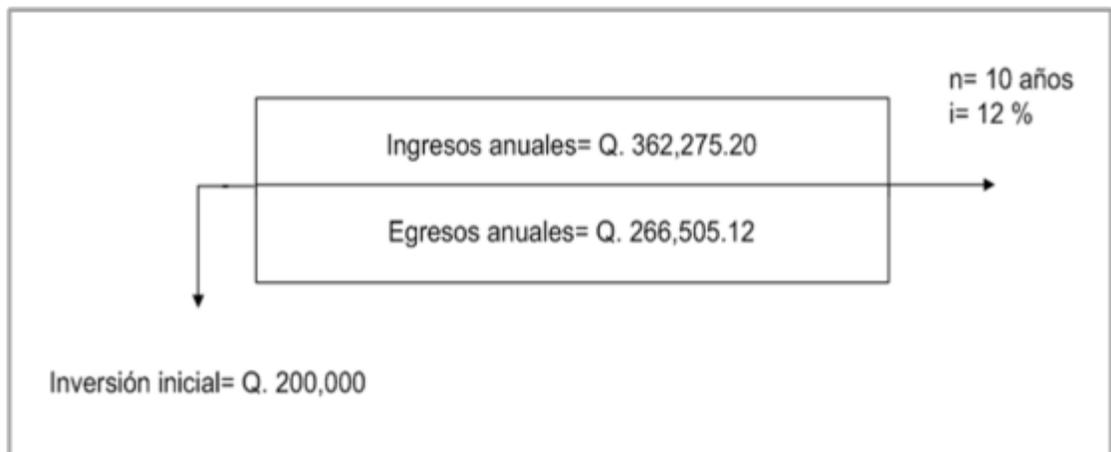
$$VPN = -140\,000 - 266\,505,12(4,4941) + 362\,275,20(4,4941)$$

$$VPN = Q. 290\,400,32$$

- Opción CHN
  - Datos:
    - Inversión inicial= Q. 200 000
    - Interés anual= 12 %

- Cantidad años a pagar= 10
- Ganancia netas anuales= Q. 362 275,20
- Costos anuales= Q. 266 505,12

Figura 110. **Diagrama de flujo de caja, opción CHN**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo
  - Para el cálculo se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (i) y el valor que se quiere obtener en este caso es un presente dado una anualidad (P/A).

Figura 111. Tabla de factores de interés compuesto, interés de 12 %

Tablas De Factores De Interés Compuesto								
12,00%		TABLA 1 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto					12,00%	
n	Pagos Únicos		Pagos de serie uniforme			Gradientes aritméticos		
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor Presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G
1	1,1200	0,8929	1,00000	1,0000	1,12000	0,8929		
2	1,2544	0,7972	0,47170	2,1200	0,59170	1,6901	0,7972	0,4717
3	1,4049	0,7118	0,29635	3,3744	0,41635	2,4018	2,2208	0,9246
4	1,5735	0,6355	0,20923	4,7793	0,32923	3,0373	4,1273	1,3589
5	1,7623	0,5674	0,15741	6,3528	0,27741	3,6048	6,3970	1,7746
6	1,9738	0,5066	0,12323	8,1152	0,24323	4,1114	8,9302	2,1720
7	2,2107	0,4523	0,09912	10,0890	0,21912	4,5638	11,6443	2,5515
8	2,4760	0,4039	0,08130	12,2997	0,20130	4,9676	14,4714	2,9131
9	2,7731	0,3606	0,06768	14,7757	0,18768	5,3282	17,3563	3,2574
10	3,1058	0,3220	0,05698	17,5487	0,17698	5,6502	20,2541	3,5847
11	3,4785	0,2875	0,04842	20,6546	0,16842	5,9377	23,1288	3,8953
12	3,8960	0,2567	0,04144	24,1331	0,16144	6,1944	25,9523	4,1897
13	4,3635	0,2292	0,03568	28,0291	0,15568	6,4235	28,7024	4,4683
14	4,8871	0,2046	0,03087	32,3926	0,15087	6,6282	31,3624	4,7317
15	5,4736	0,1827	0,02682	37,2797	0,14682	6,8109	33,9202	4,9803
16	6,1304	0,1631	0,02339	42,7533	0,14339	6,9740	36,3670	5,2147
17	6,8660	0,1456	0,02046	48,8837	0,14046	7,1196	38,6973	5,4353
18	7,6900	0,1300	0,01794	55,7497	0,13794	7,2497	40,9080	5,6427
19	8,6128	0,1161	0,01576	63,4397	0,13576	7,3658	42,9979	5,8375
20	9,6463	0,1037	0,01388	72,0524	0,13388	7,4694	44,9676	6,0202

Fuente: <http://foroupiicsa.net/downloads/tablas.pdf>. Consulta: septiembre de 2013.

$$VPN = -200\,000 - 266\,505,12(P/A, i, n) + 362\,275,20(P/A, i, n)$$

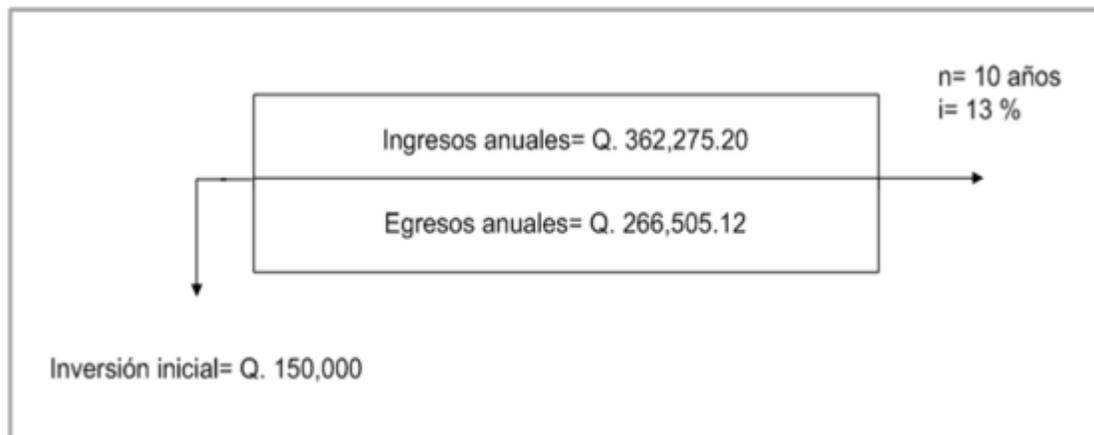
$$VPN = -200\,000 - 266\,505,12(6,1446) + 362\,275,20(6,1446)$$

$$VPN = Q. 388\,468,83$$

- Opción BANRURAL
  - Datos:
    - Inversión inicial= Q. 150 000
    - Interés anual= 13 %

- Cantidad años a pagar= 10
- Ganancia netas anuales= Q. 362 275,20
- Costos anuales= Q. 266 505,12

Figura 112. **Diagrama de flujo de caja, opción BANRURAL**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo
  - Para el cálculo se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se buscó la cantidad de años ( $n$ ) el interés ( $i$ ) y el valor que se quiere obtener en este caso es un presente dado una anualidad ( $P/A$ ).

Figura 113. Tabla de factores de interés compuesto, interés de 13 %

**Tablas De Factores De Interés Compuesto**

13,00%		TABLA 1 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto							13,00%	
n	Pagos Únicos		Pagos de serie uniforme				Gradientes aritméticos			
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor Presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G		
1	1,1300	0,8850	1,00000	1,0000	1,13000	0,8850				
2	1,2769	0,7831	0,46948	2,1300	0,59948	1,6681	0,7831	0,4695		
3	1,4429	0,6931	0,29352	3,4069	0,42352	2,3612	2,1692	0,9187		
4	1,6305	0,6133	0,20619	4,8498	0,33619	2,9745	4,0092	1,3479		
5	1,8424	0,5428	0,15431	6,4803	0,28431	3,5172	6,1802	1,7571		
6	2,0820	0,4803	0,12015	8,3227	0,25015	3,9975	8,5818	2,1468		
7	2,3526	0,4251	0,09611	10,4047	0,22611	4,4226	11,1322	2,5171		
8	2,6584	0,3762	0,07839	12,7573	0,20839	4,7988	13,7653	2,8685		
9	3,0040	0,3329	0,06487	15,4157	0,19487	5,1317	16,4284	3,2014		
10	3,3946	0,2946	0,05429	18,4197	0,18429	5,4262	19,0797	3,5162		
11	3,8359	0,2607	0,04584	21,8143	0,17584	5,6869	21,6867	3,8134		
12	4,3345	0,2307	0,03899	25,6502	0,16899	5,9176	24,2244	4,0936		
13	4,8980	0,2042	0,03335	29,9847	0,16335	6,1218	26,6744	4,3573		
14	5,5348	0,1807	0,02867	34,8827	0,15867	6,3025	29,0232	4,6050		
15	6,2543	0,1599	0,02474	40,4175	0,15474	6,4624	31,2617	4,8375		
16	7,0673	0,1415	0,02143	46,6717	0,15143	6,6039	33,3841	5,0552		
17	7,9861	0,1252	0,01861	53,7391	0,14861	6,7291	35,3876	5,2589		
18	9,0243	0,1108	0,01620	61,7251	0,14620	6,8399	37,2714	5,4491		
19	10,1974	0,0981	0,01413	70,7494	0,14413	6,9380	39,0366	5,6265		
20	11,5231	0,0868	0,01235	80,9468	0,14235	7,0248	40,6854	5,7917		

Fuente: <http://foroupiicsa.net/downloads/tablas.pdf>. Consulta: septiembre de 2013.

$$VPN = -150\,000 - 266\,505,12(P/A, i, n) + 362,275.20(P/A, i, n)$$

$$VPN = -150,000 - 266\,505,12(5,4262) + 362\,275,20(5,4262)$$

$$VPN = Q. 369\,667,61$$

Tabla LX. **Toma de decisiones**

<b>Banca</b>	<b>Valor Presente Neto (VPN) (Q.)</b>	<b>Toma de decisión</b>
BANTRAB	290 400,32	>0, el proyecto es rentable
<b>CHN</b>	<b>388 468,83</b>	<b>&gt;0, el proyecto es rentable</b>
BANRURAL	369 667,61	>0, el proyecto es rentable

Fuente: elaboración propia.

- Resultados
  - Se escogió el Banco de Crédito Hipotecario Nacional, como opción para la inversión inicial, de la planta industrial, ya que conforme al Valor Presente Neto (VPN) es el que mejor rentabilidad obtuvo con un total de Q. 388 468,83, con una inversión inicial de Q 200 000 con una tasa de 12 % interés anual, durante 10 años.

#### **2.2.8.2. Beneficio Costo (B/C)**

Este método se establece con el fin de evaluar, como se utilizan los recursos de un proyecto determinado, donde los ingresos y los egresos deben ser calculados utilizando el Valor Presente Neto (VPN).

- Criterios del análisis Beneficio Costo:
  - $B/C > 1$ , implica que los ingresos son mayores a los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.
  - $B/C = 1$ , implica que los ingresos son iguales a los egresos, entonces el proyecto es indiferente.
  - $B/C < 1$ , implica que los ingresos son menores a los egreso, entonces el proyecto no es aconsejable.

- Fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{VPN ingresos}}{\text{VPN egresos}}$$

- Donde:
  - B = beneficios del proyecto
  - C = costos del proyecto
  - VPN ingresos = valor presente neto de las utilidades anuales
  - VPN egresos = valor presente neto de los costos anuales
- Cálculo

- Se tomó como mejor opción el CHN, por el VPN de mayor utilidad

- Datos:

- Ingresos= Q.362 275,20
- Egresos= Q. 266 505,12
- (P/A,i,n)=6,1446

$$\text{VPN ingresos CHN} = 362\,275,20(P/A, i, n)$$

$$\text{VPN ingresos CHN} = 362\,275,20(6,1446) = \text{Q. } 2\,226\,036,19$$

$$\text{VPN egresos CHN} = 266\,505,12(P/A, i, n)$$

$$\text{VPN egresos CHN} = 266\,505,12(6,1446) = \text{Q. } 1\,637\,567,36$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{VPN ingresos}}{\text{VPN egresos}} = \frac{\text{Q. } 2\,226\,036,19}{\text{Q. } 1\,637\,567,36} = 1,36$$

- Resultados
  - Se obtuvo un beneficio mayor a 1, con lo cual significa que el proyecto es aconsejable ejecutarlo.
  - El beneficio costo que se obtuvo fue de Q. 1,36, con lo que significa, que por cada Q. 1,00 de costo se genera una ganancia neta de Q. 1,36



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AHORRO DE AGUA EN LA ESTACIÓN DE LAVADO DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO DE LOS ENVASES DE TETRABRIK POSCONSUMO**

#### **3.1. Consumo**

Dentro de esta sección se recopiló información por el ente distribuidor de agua potable, con el fin de tener la cantidad de metros cúbicos de agua utilizada mensualmente.

##### **3.1.1. Recopilación de información de EMPAGUA**

En la página de la Municipalidad de Guatemala, en el servicio que presta la Empresa de Agua (EMPAGUA), los rangos de consumo van a depender de los metros cúbicos consumidos por el usuario cada mes, en el cual dicha empresa se basa a partir de rango de consumo de agua como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla LXI. **Precio del servicio de agua por rangos de consumo de agua de EMPAGUA**

<b>Rango de consumo por metro cúbico</b>	<b>Precio del metro cúbico ( no incluye IVA)</b>	<b>(+) alcantarillado sobre total del consumo</b>	<b>(+) cargo fijo (no incluye IVA)</b>
1 a 20	Q. 1.12	20%	Q. 16.00
21 a 40	Q. 1.76	20%	Q. 16.00
41 a 60	Q. 2.24	20%	Q. 16.00
61 a 120	Q. 4.48	20%	Q. 16.00

Continuación de la tabla LXI.

121 a más	Q. 5.60	20%	Q. 16.00
-----------	---------	-----	----------

Fuente: <http://www.muniguate.com/index.php/empagua/25-temas/1714-consumoservicioagua>.

Consulta: junio de 2013.

La empresa da a conocer al consumidor final, que entre menos agua consume por mes, el costo por el metro cúbico va ser más bajo, donde explica que el valor total que el consumidor paga, tiene componentes variables, determinado por el rango de consumo, entre los cuales mencionan: el valor de alcantarillado, y el costo fijo, donde el valor de alcantarillado es un valor proporcional al 20 % sobre el costo de agua, según el rango del usuario, y el costo fijo por lo tanto EMPAGUA tiene un valor de Q. 16,00 no importando el rango que se ubique el consumido, por ende EMPAGUA hace mención que aunque no se consume agua siempre va a ver un costo fijo por servicios prestados.

### **3.1.2. Pronóstico para demanda futura**

Dentro del proceso productivo de los envases de tetrabrik posconsumo, se desarrollo una serie de cálculos para poder determinar la demanda de agua que se necesita dentro de la estación de corte y lavado de dichos envases, para los cuales se pronosticó la cantidad de agua en metros cúbicos que se necesita para lavar los envases de tetrabrik.

Dentro de la estación de corte y lavado, se hizo una relación de la cantidad de agua que se necesita por cada dos libras y se concluyó que es necesario tener 14 litros de agua y un galón de desinfectante por cada dos libra

lavado del tetrabrik, para lo cual se hizo los cálculos correspondientes para poder estimar la demanda mensual de agua.

Para poder calcular el consumo de agua total, dentro del proceso de lavado y corte es necesario dividirlo en dos partes: el proceso de elaboración de desinfectante y el proceso de lavado de tetrabrik, con el fin de calcular cuantos metros cúbicos son utilizados en dicho proceso.

- Cálculo:
  - 1 galón = 3,785 litros
  - 1 litro= 1 000 ml
  - 1mL= cm<sup>3</sup>
  - 1 metro= 100 centímetros

$$\text{relación} = \frac{2 \text{ lbs. de tetrabrik}}{14 \text{ litros de agua} + 1 \text{ galón de desinfectante}}$$

- Cantidad de agua potable utilizada para la elaboración de desinfectante

Dentro de la elaboración de desinfectante conforme a la tabla IV, la cantidad de agua utilizada que se necesita para elaborar 1 galón de desinfectante es:

$$\text{agua consumida para la elaboración de desinfectante} = 3\,689 \text{ ml}$$

$$3\,689 \text{ mL} = 3\,689 \text{ cm}^3$$

- Cantidad de agua utilizada en el proceso de lavado de tetrabrik

$$14 \text{ litros de agua} = (14)(1\,000 \text{ mL}) = 14\,000 \text{ mL} = 14\,000 \text{ cm}^3$$

Total de agua consumida:

total de agua consumida = proceso de lavado + elaboracion desinfectante

$$\text{total de agua consumida} = 14\,000 \text{ cm}^3 + 3\,689 \text{ cm}^3 = 17\,689 \text{ cm}^3$$

Donde:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$(1\text{m})^3 = (100 \text{ cm})^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$$

$$\frac{1 \text{ m}^3}{1\,000\,000 \text{ cm}^3} = \frac{17\,689 \text{ cm}^3}{x \text{ m}^3} = 0,01769 \text{ m}^3$$

- Rango de consumo de agua por parte de EMPAGUA de 61 a 120 metros cúbicos.

Se pronosticó este rango conforme a los datos prácticos que se desarrollaron en la Sección de Gestión de la Calidad, dentro del proceso de limpieza de los empaques de tetrabrik, para lo cual dentro de la práctica se hizo el proceso productivo de lavado de dicho empaque durante una jornada diurna de 8 horas y se estimó que en promedio se consumió 2 500 litros o 2,5 metros cúbicos de agua, por consiguiente se pronostico que mensualmente el consumo sería de 63 metros cúbicos de agua.

- Libras de tetrabrik a lavar

- Para 61 metros cúbicos:

$$\frac{2 \text{ lbs de tetrabrik}}{0,018 \text{ metros cúbicos}} * \frac{61 \text{ metros cúbicos}}{X \text{ lbs de tetrabrik}} = 3\ 389 \text{ libras de tetrabrik}$$

$$\frac{32 \text{ empaques tetrabrik}}{2 \text{ lbs de tetrabrik}} * \frac{3\ 389 \text{ lbs de tetrabrik}}{X \text{ empaques tetrabrik}} = 54\ 224 \text{ empaques}$$

- Para 120 metros cúbicos:

$$\frac{2 \text{ lbs de tetrabrik}}{0,018 \text{ metros cúbicos}} * \frac{120 \text{ metros cúbicos}}{X \text{ lbs de tetrabrik}} = 6\ 667 \text{ libras de tetrabrik}$$

$$\frac{32 \text{ empaques tetrabrik}}{2 \text{ lbs de tetrabrik}} * \frac{6\ 667 \text{ lbs de tetrabrik}}{X \text{ empaques tetrabrik}} = 106\ 672 \text{ empaques}$$

Tabla LXII. **Consumo de agua en la estación de corte y lavado por mes**

	<b>Cantidad de agua en metros cúbicos</b>	<b>Cantidad de libras de tetrabrik</b>	<b>Cantidad e empaques de tetrabrik</b>
	61	3 389	54 224
	120	6 667	106 672
<b>Promedio</b>	<b>60</b>	<b>5 028</b>	<b>80 448</b>

Fuente: elaboración propia.

Conforme a los datos, se pronosticó que en promedio el consumo de agua es de 60 metros cúbicos, 5 028 libras de tetrabrik y 80 448 empaques de tetrabrik por mes.

### **3.2. Concientización**

Se basa principalmente en que el operario tenga las medidas de seguridad dentro del área de trabajo, para que tome conciencia sobre el uso eficiente del ahorro de agua.

#### **3.2.1. Señalización**

Para la creación de la señalización se utilizó: Guía de Señalización de Medio Ambiente y Equipo de Seguridad, creada por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), dentro de las cuales se tomaron las medidas necesarias para la creación de las señalizaciones correspondientes.

Dentro de la guía creada por CONRED se tiene una serie de lineamientos estandarizados para crear las señalizaciones conforme a las diferentes circunstancias como lo son: la elección de los colores y el significado, la forma geométrica para la señalización de ambientes y equipos de seguridad, simbología, entre otros.

Dentro de la señalización se enfocó principalmente al ahorro de agua en la estación de lavado de los empaques de tetrabrik posconsumo, con el fin prevenir el desperdicio de agua dentro de dicha estación por parte del operario, para tener un compromiso de ahorro por parte del trabajador hacia la empresa.

Según la guía, aprobada por CONRED, se diseñó la señalización con las siguientes especificaciones:

- Se utilizó el color de seguridad azul con el código 000099 y el color blanco con el código ffffff conforme a la guía de CONRED para el contraste de la señalización, cuyo significado es de obligación e información.

Figura 114. **Colores de seguridad conforme a la guía de CONRED**

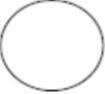
Color	Contraste
AZUL Cod. 000099	BLANCO Cod. ffffff
Verde Cod. 009900	BLANCO Cod. ffffff
AMARILLO Cod. FFFF33	<b>NEGRO</b> Cod. 000000
ROJO Cod. FF0000	BLANCO Cod. ffffff

Fuente: <http://www.soloepis.com/Senal-Es-Obligatorio-el-Uso-de-la-Bata.html>.

Consulta: enero de 2013.

- La forma geométrica que se desarrollo fue el de rectángulo, en el cual el significado es de información.

Figura 115. **Forma geométrica utilizada para la señalización conforme a la guía de CONRED**

Objetivo	Forma Geométrica	Señal
Proporcionar información sobre algún objeto, identificación de materiales, o realizar una acción indicada en la figura.		Información
Advertir un Peligro		Prevención
Prohibir una acción susceptible de provocar un riesgo		Prohibición
Exigir una acción determinada		Obligación
Identificar la presencia de Materiales Peligrosos en transporte		Materiales Peligrosos en transporte

Fuente: <http://www.soloepis.com/Senal-Es-Obligatorio-el-Uso-de-la-Bata.html>.

Consulta: enero de 2013.

- El ambiente que se utilizó, fue un ambiente cerrado, ya que el diseño de la planta es un espacio cerrado.

Figura 116. **Ejemplo de diseño de la señalización conforme a la guía de CONRED**



Fuente: <http://www.soloepis.com/Senal-Es-Obligatorio-el-Uso-de-la-Bata.html>.

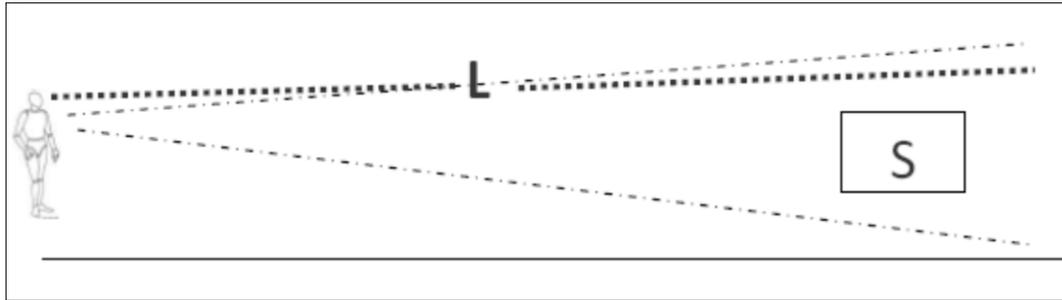
Consulta: enero de 2013.

Tabla LXIII. **Resumen técnico para la elaboración de las señalización industrial**

Distancia de visualización L (metros)	Superficie mínima (cm <sup>2</sup> )	Forma geométrica	Color de seguridad	Color de contraste	Dimensiones del rectángulo (cm)		Tipo de ambiente
					Base	Altura	
5	125	rectángulo	azul	blanco	9,1	13,7	cerrado

Fuente: elaboración propia.

Figura 117. **Distancia de visualización de la señalización conforme a la guía de CONRED**



Fuente: <http://conred.gob.gt/www/documentos/biblioteca/guias-didacticas/Guia%20de%20Senalizacion%20de%20Ambientes%20y%20Equipos%20de%20Seguridad.pdf>. Consulta: marzo de 2013.

### **3.2.2. Rotulación de la maquinaria**

Dentro de la rotulación de la maquinaria se enfocó, principalmente la rotulación del sistema de ahorro de agua, con el fin de tener noción de los componentes del dicho sistema.

Figura 118. **Diseño de rotulación para el sistema ahorrador de agua**



Fuente: elaboración propia, con programa de AAA Logo 2010.

### **3.3. Tecnología**

En esta sección se recopiló información del proceso del lavado de los empaques de tetrabrik, con el cual se cotizó los materiales para la creación de un sistema ahorrador de agua y el desarrollo de las pruebas respectivas.

#### **3.3.1. Recopilación de información**

Dentro del proceso de lavado de tetrabrik surgió la necesidad de poder reutilizar el agua, con la cual se lavan dichos empaques, ya que una de las deficiencias es que se utiliza demasiada agua para el proceso productivo. Otras de las deficiencias dentro de la estación de lavado de los empaques es que se utiliza desinfectante con una fórmula industrial, como resultado los reactivos que

lo conforman son dañinos para el medio ambiente, donde el principal daño es el producido debido a que los reactivos los cuales no son degradables y esto hace que altere un sistema ecológico y tenga cambios climáticos dentro del mismo, por consiguiente tiene consecuencias irreversible.

Se elaboró un sistema de filtro de diferentes tipos de grava, ya que es de bajo costo y de mantenimiento fácil, la capacidad del sistema lo conformó por dos tipos de baldes almacenadores de capacidad igual, y estaciones que contenían la grava con la granulometría correspondiente, el fin de tener dos tanques de igual capacidad, para tener un mejor control de la cantidad de agua que está dentro del sistema, dentro del cual otra ventaja del sistema ahorrador de agua es la caída del agua a partir de la fuerza gravitacional.

### 3.3.2. Cotización de materiales

Los materiales utilizados para el sistema ahorrador de agua:

Tabla LXIV. **Catálogo de los materiales para el sistema ahorrador de agua**

<b>NO.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo unitario (Q.)</b>	<b>Total (Q.)</b>
<b>1</b>	Bock de construcción	28	5	140
<b>2</b>	Tanques almacenadores de 18 L de capacidad	2	25	50
<b>3</b>	Adaptadores de PVC	12	4,40	52,80
<b>4</b>	Tubo PVC	3	5	15
<b>5</b>	codos	2	1	2
<b>6</b>	Llaves de paso PVC	2	5	10

Continuación de la tabla LXIV.

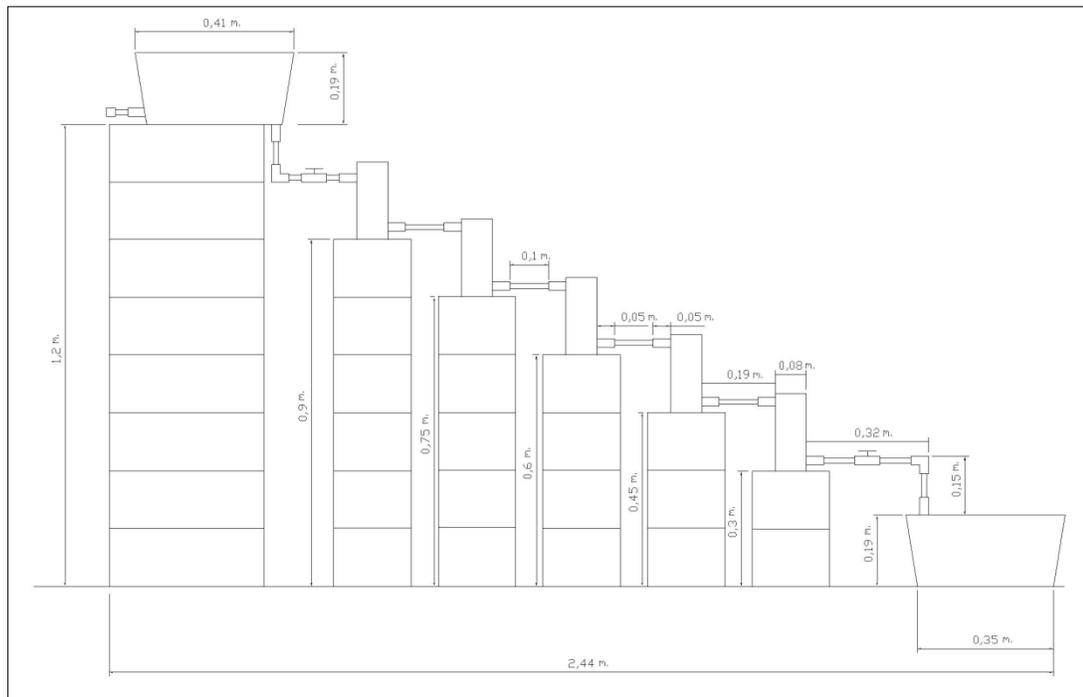
7	grava	1	85	85
			<b>Total</b>	<b>354.8</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Diseño del sistema ahorrador de agua

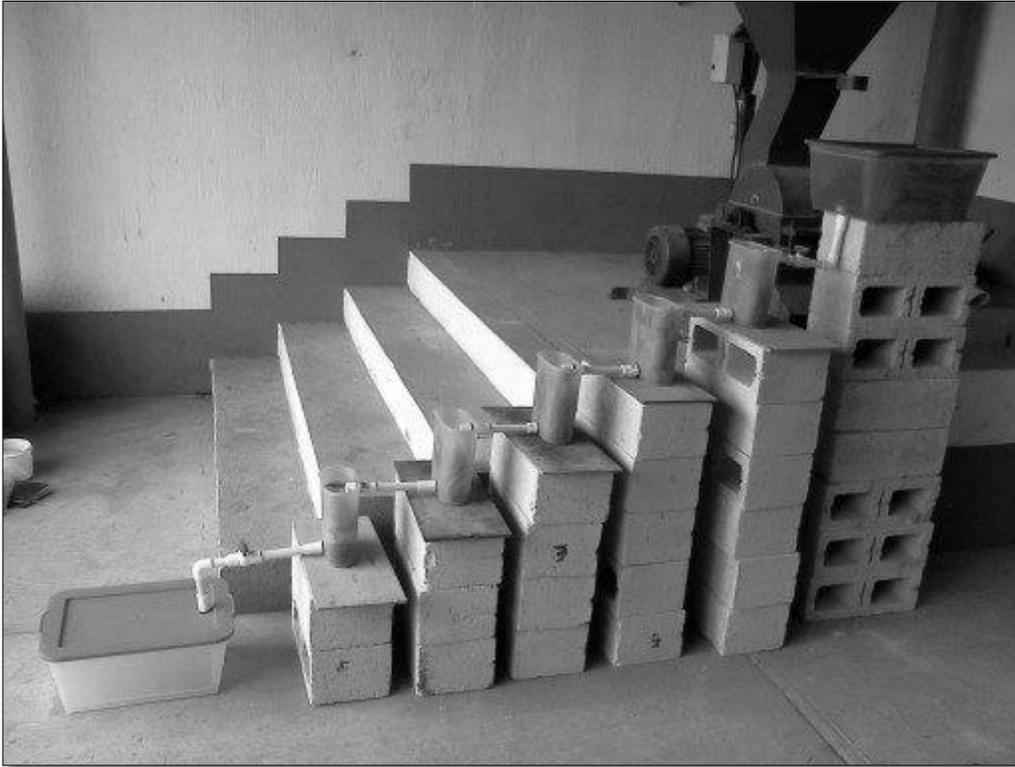
El diseño de ahorro de agua, se creó principalmente con el fin de que el funcionamiento fuera 100 % limpio, esto quiere decir que no utiliza electricidad u otra fuente de energía para el funcionamiento de dicho sistema.

Figura 119. **Diseño del sistema ahorrador de agua**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2008.

Figura 120. Sistema ahorrador de agua



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Las recamaras que conforman el sistema ahorrador de agua son las siguientes:

- Piedrín de 1"
- Piedra pómez granulada
- Arena de río
- Carbón activado
- Esponja convencional

### 3.3.4. Pruebas de filtrado

En esta sección se desarrollaron diferentes pruebas, con el fin de poder filtrar el agua con desinfectante y los desechos que contienen los envases de tetrabrik.

- Prueba 1

En esta prueba se filtró con el sistema ahorrador de agua los desechos de los empaques de tetrabrik, con el fin de concluir si el sistema ahorrador elimina el olor, color del desinfectante industrial y desechos de los empaques de tetrabrik.

Figura 121. **Agua con desechos de tetrabrik y desinfectante**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 122. **Agua previamente filtrada por el sistema ahorrador de agua**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

- La deficiencia del filtrado a partir de las pruebas que se desarrollaron fue que el sistema ahorrador de agua no es apto para eliminar el color y los reactivos del desinfectante elaborado, ya que se necesitan otros procesos químicos para la eliminación de los reactivos previamente mencionados.
- El sistema ahorrador de agua no es apto para eliminar el olor que genera el proceso productivo del lavado de los empaques de tetrabrik, en el cual

durante la finalización de filtrado se pudo constatar que el sistema no había podido eliminar el olor del agua filtrada.

- Prueba 2

Dentro de esta prueba se hicieron variaciones con respecto al sistema ahorrador de agua y al desinfectante utilizado para la limpieza de los empaques de tetrabrik, en el cual las variaciones que se hicieron fueron a partir de las asesorías por parte de la Sección de Química y Microbiología Sanitaria, que está ubicada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

La primera variación fue la creación de un desinfectante biodegradable, con el fin que pueda limpiar los empaques de tetrabrik. Se elaboró el desinfectante biodegradable, a partir de vinagre y bicarbonato sódico, con el fin de no dañar o alterar el medio ambiente.

El procedimiento para la elaboración de desinfectante biodegradable viene dado por:

- Equipo a utilizar:
  - *Beaker* de polipropileno de 1000 mL de capacidad
  - Probeta de polipropileno de 100 mL de capacidad
  - *Beaker* de polipropileno de 100 mL de capacidad
  - Pipeta serológica de 5 mL con el respectivo llenador universal
  - Agitador de vidrio de 6 x 250 mL
  - Paleta de madera
  - Embudo plástico
  - Colador plástico

- Secador de toalla
- Envase plástico de 1 galón de capacidad
- Guantes plásticos

Tabla LXV. **Materia prima utilizada para la elaboración de desinfectante**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad para un galón</b>
Vinagre blanco	750 mL
Bicarbonato sódico	10 mL
<b>Cantidad parcial</b>	<b>760 mL</b>
Agua	3 025 mL
<b>Total galón desinfectante</b>	<b>3 785 mL</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Rotulación y medición de reactivos**

<b>Rotulación y mediciones de los reactivos</b>
Se etiquetan temporalmente diferentes recipientes plásticos, con los nombres de la materia prima.
En probeta de polipropileno, o en beacker de 100 mL o 1,000 mL, se realizan las mediciones individuales de los siguientes ingredientes: bicarbonato sódico diluido, vinagre blanco
Los reactivos anteriores se depositan en recipientes etiquetados. Son colocados en el mismo orden en que fueron medidos.

Fuente: elaboración propia

Tabla LXVII. **Instructivo de la mezcla de los reactivos**

<b>Mezcla de los reactivos</b>
El vinagre blanco es depositado en el recipiente de preparación.
Al recipiente anterior se incorpora el bicarbonato sódico diluido.
La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.
Se añade el agua al recipiente de preparación.
Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.
La mezcla final se agrega al recipiente del producto final, utilizando un colador y embudo como control de calidad. Se debe tener cuidado de introducir el desinfectante lentamente, para no tener derrames dentro del proceso
Se coloca la tapadera y etiqueta del producto final.

Fuente: elaboración propia

Figura 123. **Vinagre blanco para uso alimenticio**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 124. **Bicarbonato sódico de 10 gramos de presentación**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

La segunda variación fue que en el sistema ahorrador de agua, en el cual consistió en la eliminación de la recámara que contenía arena de río, ya que según la asesoría, se expuso que la arena de río presenta un alto grado de almacenamiento de bacterias y como resultado el agua filtrada queda completamente contaminada.

- Recamaras que conforman el nuevo sistema ahorrador de agua
  - Piedrín de 1"
  - Piedra pómez granulada
  - Carbón activado
  - Esponja convencional
  
- Se utilizó como proceso adicional, el uso de cal viva y sulfato de aluminio, como finalización del proceso de filtración.

Figura 125. **Nuevo sistema ahorrador de agua**



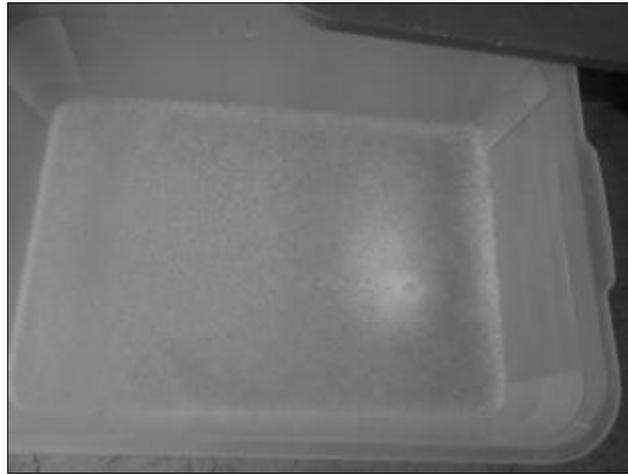
Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 126. **Agua con desechos de tetrabrik y desinfectante**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 127. **Agua previamente filtrada por el nuevo sistema ahorrador de agua**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 128. **Resultados de las pruebas fisicoquímicas**

Parámetros evaluados	Unidades	Valor	LMP*
pH		7.05	6.5-8.5
Conductividad	μS/cm.	248	50 – 750
Turbidez	UT	0.52	15.00
Sólidos totales	mg/L	244	1,000
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	71.2	—
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.53	250
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	116.44	500
*LMP= Límite máximo permisible según norma COGUANGR-NGO 29-G01			
Costo por muestra:	Q 125.00		

Fuente: Sección de Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Uno de los resultados obtenidos, fue el alto grado de alcalinidad del agua, por lo cual se desarrollaron diferentes métodos de trabajo para ver que procedimiento es la mejor opción para la limpieza del agua previamente filtrada, en el cual se recolectó agua filtrada en tres botellas plásticas como muestras, para hacer combinaciones y ver cuál es la mejor.

Las combinaciones que se desarrollaron a partir de 3 muestras con el fin de tener el mejor resultado dentro de las cuales se tienen: de izquierda a derecha:

- La primera botella es el agua previamente filtrada
- La segunda botella es la aplicación de cal viva con sulfato de aluminio
- La tercera prueba es agua filtrada con la aplicación de sulfato de aluminio

Figura 129. **Muestras de agua filtrada y combinaciones de sulfato de aluminio y cal viva**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 130. **Agua con la aplicación de cal viva y sulfato de aluminio**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

La mejor combinación es la aplicación de la cal viva, seguido del sulfato de aluminio, dentro de los cuales técnicamente la cal viva u óxido de calcio, tiene como finalidad dentro del proceso de reutilización del agua eliminar turbiedad, neutralizar la acidez y eliminar otras impurezas entre otros.

La función del sulfato de aluminio con la aplicación previamente de la cal viva es que el agua está con un grado de alcalinidad bajo, para lo cual la acción del sulfato de aluminio lo precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente.

Las pruebas que se desarrollaron se hicieron a pequeña escala porque no se contaba con los recursos necesarios, principalmente el sulfato de aluminio, ya que este reactivo se obtiene solo por cantidades grandes, en la cual el costo es demasiado alto.

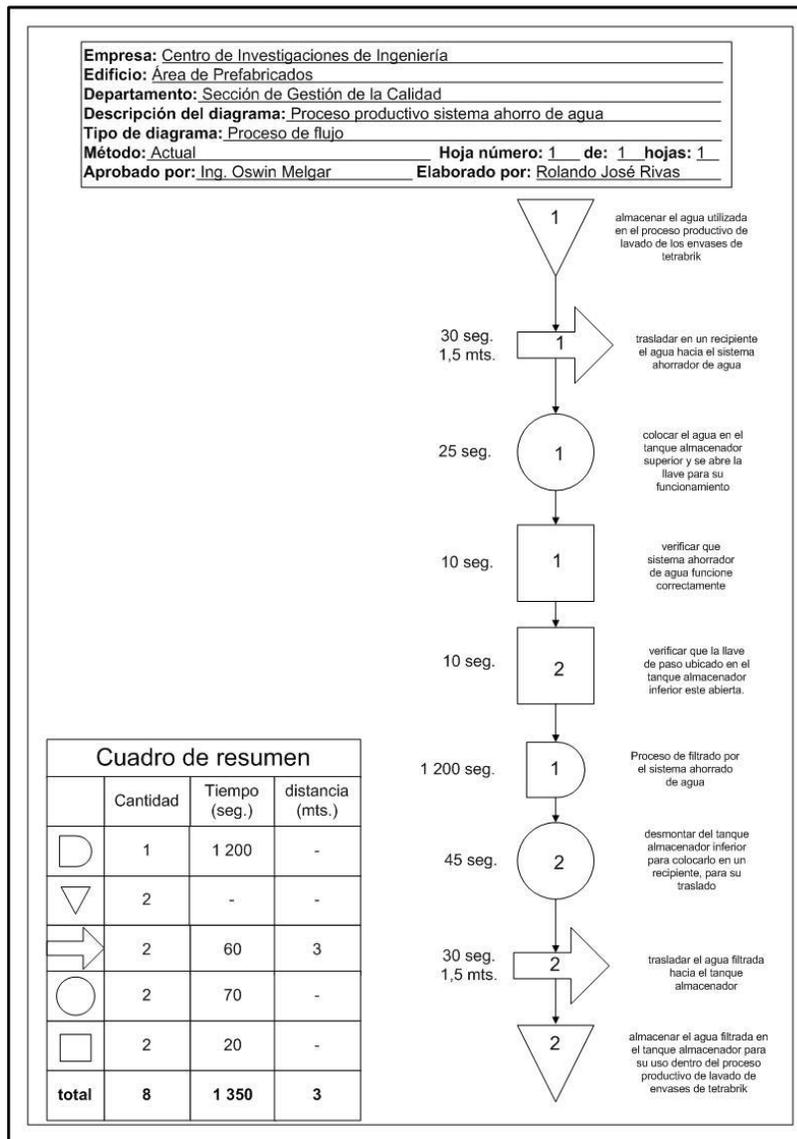
- Resultados:
  - La creación de la nueva fórmula de desinfectante, se pudo corroborar que durante el proceso de lavado la composición limpia los empaques de tetrabrik, en el cual se puede sustituir el desinfectante industrial por el desinfectante biodegradable.
  - Durante el proceso de filtrado por parte del nuevo sistema de ahorrador de agua, se pudo corroborar que la formulación del desinfectante, es apta para dicho sistema, ya que durante la finalización de filtrado, el agua se limpió en la totalidad, pero un inconveniente fue que el color del agua queda completamente blanca.
  - Se hicieron pruebas con el fin de poder quitar el color blanco del agua, en el cual se utilizó un procedimiento antes del filtrado de agua, la aplicación de cal viva, para luego aplicar sulfato de aluminio, por ende se pudo eliminar la turbidez del agua, olor, y acidez, como resultado el agua se puede reutilizar para el proceso de lavado de los empaques de tetrabrik.

### **3.3.5. Estudio de trabajo**

Dentro del estudio de trabajo se elaboraron los siguientes diagramas:

- Diagrama de proceso de flujo: en el cual se observará el tiempo del sistema ahorrador de agua
- Hombre máquina: en este tipo de diagrama se observará la interacción entre el operario y la maquinaria, que en este caso es el sistema ahorrador de agua, en el cual se tendrá tiempos como el de carga y descarga por parte del operario, tiempos muertos, productivos, entre otros.

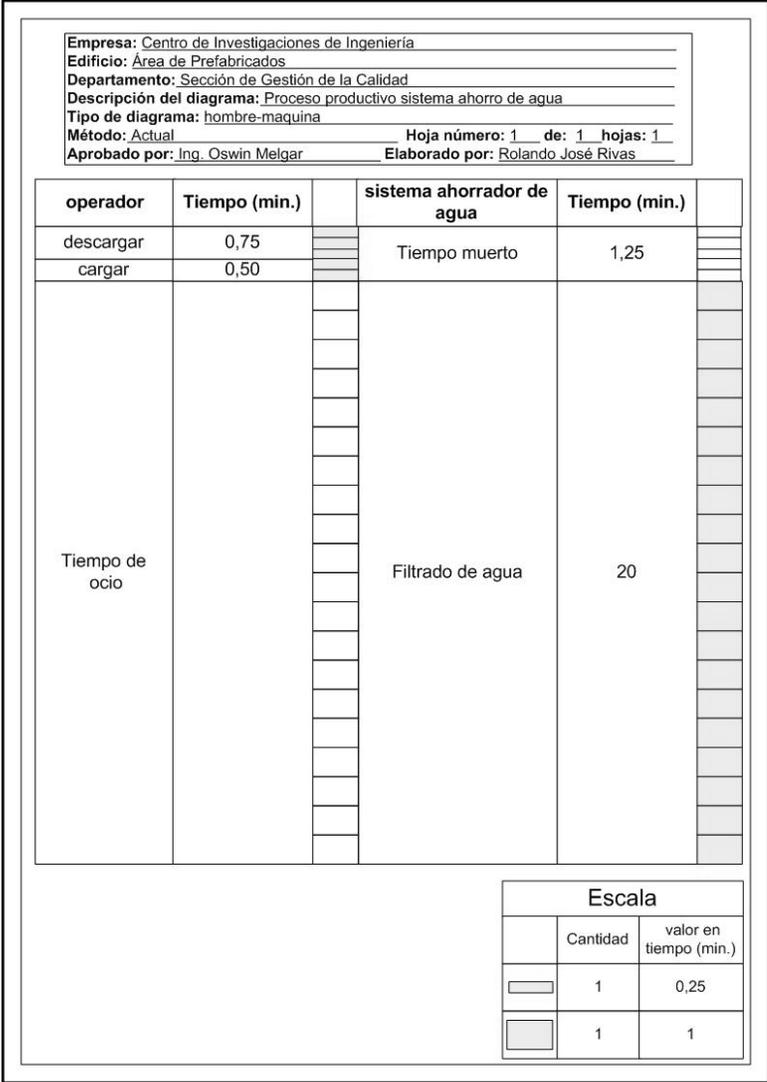
Figura 131. Diagrama de proceso de flujo del sistema ahorrador de agua



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

El tiempo del proceso productivo para el funcionamiento del sistema ahorrador de agua es de 1 350 segundos o 22,5 minutos.

Figura 132. Diagrama hombre máquina del sistema ahorrador de agua



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Dentro del diagrama hombre máquina el tiempo que el operario tarda en cargar y descargar el agua es de 75 segundos o 1,25 minutos y el tiempo de filtrado por parte del sistema ahorrador de agua y el de ocio por parte del operario es de 120 segundos o 20 minutos.

### 3.4. Minimización de gastos

Dentro de la minimización de gastos, se hizo una comparación de cuanta cantidad en metros cúbicos se ahorraría, conforme a una cantidad de envases de tetrabrik para poder tener un valor monetario del ahorro con el sistema ahorrador.

#### 3.4.1. Comparación del sistema convencional con el ahorrador

Se realizaron comparaciones con un sistema convencional o actual, que en este caso, como no existe un procedimiento que pueda reutilizar el agua, se tomó como comparación el desperdicio total de agua que es vertido en los drenajes durante el proceso de lavado de los empaques de tetrabrik, con lo cual se tomó como referencia 2 libras de tetrabrik, que a la vez necesita 18 litros de agua con desinfectante para la limpieza.

- Datos:
  - Cantidad de tetrabrik a lavar= 2 libras
  - Cantidad de agua y desinfectante a utilizar= 18 litros
  - 2 libra de tetrabrik =18 litros de agua con desinfectante= 18 000 cm<sup>3</sup>

$$\frac{1 \text{ m}^3}{1\ 000\ 000 \text{ cm}^3} = \frac{18\ 000 \text{ cm}^3}{x \text{ m}^3} = 0.018 \text{ m}^3$$

La cantidad de agua y desinfectante utilizado para poder lavar dos libras de tetrabrik es de 0,018 metros cúbicos.

Tabla LXVIII. **Comparación del ahorro de agua en metros cúbicos, con el sistema ahorrador de agua y el sistema actual**

<b>Sistema actual</b>		<b>Sistema mejorado</b>	
Cantidad de agua consumida ( $m^3$ )	Cantidad de agua reutilizada ( $m^3$ )	Cantidad de agua consumida ( $m^3$ )	Cantidad de agua reutilizada ( $m^3$ )
<b>0,018</b>	<b>0</b>	<b>0,018</b>	<b>0,018</b>

Fuente: elaboración propia.

Con el sistema ahorrador de agua implementado en la estación de lavado de los envases de tetrabrik posconsumo, el ahorro es de un 100 % conforme a la cantidad de metros cúbicos de agua y desinfectante, ya que esto sucede a raíz de que en el sistema convencional o actual el procedimiento era: vestirlo en los drenajes y esto causaba un alto costo monetario para el proceso productivo del lavado de dicho empaque.

Para la comparación del sistema convencional y el sistema ahorrador, desde el punto de vista monetario, se desarrollo a partir de las pruebas prácticas conforme al consumo de agua y de desinfectante biodegradable y desinfectante industrial.

- Datos:
  - Metros cúbicos por mes= 0,01769
  - Cantidad de libras de tetrabrik= 2
  - Precio del metro cúbico (sin IVA)= Q. 4,48
  - Precio del metro cúbico (con IVA)= Q. 5,02
  - Cargo fijo por EMPAGUA (sin IVA)= Q.16,00

- Cargo fijo por EMPAGUA (con IVA)= Q.17,92
  - Alcantarillado = 20 % sobre total del consumo
  - Costo desinfectate biodegradable por galón = Q. 2,50
  - Costo desinfectate industrial por galón = Q. 10,50
- Cálculo de la proporción de metros cúbicos consumidos

$$\frac{Q. 5,02}{1 \text{ m}^3} * \frac{0,01769}{x \text{ cantidad de Q.}} = Q. 0,09$$

$$\text{subtotal} = 17,92 + 0,09 = Q. 18,03$$

- Alcantarillado sobre el consumo

$$t = (18,03)(0,2) = Q. 3,61$$

Tabla LXIX. **Comparación de costo con el desinfectante industrial y biodegradable**

	<b>Sistema convencional</b>	<b>Sistema actual</b>
<b>Descripción</b>	<b>Valor Monetario (Q.)</b>	<b>Valor Monetario (Q.)</b>
Metros cúbicos consumidos (Q.)	0,09	0,09
Cargo fijo por EMPAGUA (Q.)	17,92	17,92
<b>Sub total (Q.)</b>	<b>18,03</b>	<b>18,03</b>
Alcantarillado (20 %) sobre consumo (Q.)	3,61	3,61
<b>Total costo de agua (Q.)</b>	<b>21,64</b>	<b>21,64</b>
(+) Costo desinfectate biodegradable (Q.)	10,50	2,50
<b>Total de gastos (Q.)</b>	<b>32,14</b>	<b>24,14</b>

Fuente: elaboración propia.

La minimización gastos desde el punto de vista monetario del sistema ahorrador de agua y el sistema convencional es la diferencia de Q. 32,14 menos Q. 24,14, con lo cual da un ahorro monetario de Q. 7,98 por cada 2 libras de tetrabrik lavado.



## **4. FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN A OPEARIOS DE CADA ESTACIÓN DE TRABAJO, DENTRO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PANELES DE TETRABRIK POSCONSUMO**

### **4.1. Planificación**

Dentro de esta sección se desarrollo una serie de pasos, con el fin de poder organizar los horarios de producción por ende tener el tipo de jornada laboral, con el fin de poder planificar el tiempo para las capacitaciones de los operarios y desarrollar un estimado del costo de evento para el mismo.

Dentro de la planificación se partió de una estratificación de cuatro pasos para poder desarrollar la capacitación de los operarios, en el cual se tienen:

- **Objetivo:** capacitar a los operarios de cada estación de trabajo, dentro de la línea de producción para la elaboración de paneles de tetrabrik posconsumo.
- **Metas:** tener un sistema de retroalimentación de mejora de los procesos para mejorar los tiempos de producción, procedimientos e instructivos en cada estación de trabajo.
- **Estrategias**
  - Investigar nuevas tecnologías que puedan ayudar a mejorar el sistema de producción.

- Tener un uso apropiado de la maquinaria, herramienta y equipo
  - Tener una ergonomía agradable para el operario
  - Disminuir los costos de mantenimiento correctivo
- Acciones: desarrollar conferencias, técnicas audiovisuales y simulaciones con el fin de aplicar conocimientos teóricos y prácticos.

#### **4.1.1. Organizar horarios de producción**

Los horarios administrativos y de producción son fijados por el Código de Trabajo, conforme al capítulo tercero. Jornadas de trabajo, artículo 116, conforme al artículo mencionado, se tomo una jornada diurna en el cual no puede ser mayor de 8 horas diarias, ni exceder de un total de 48 horas a la semana.

El horario de trabajo para los empleados son los siguientes:

Tabla LXX. **Horarios de trabajo, jornada y días laborales**

<b>Tipo de operario</b>	<b>jornada</b>	<b>Jornada ordinaria</b>	<b>Días laborales</b>	<b>Horas a la semana</b>
producción	diurna	8:00 A.M. – 16:00 P.M	Lunes- viernes	40

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.2. Tiempo de ejecución de capacitaciones**

El tiempo de ejecución de las capacitaciones, serán desarrollados los días sábados, ya que así no afecta las actividades laborales dentro de la empresa y el horario de las capacitaciones seria en el transcurso de la mañana, en un total

de 4 sábados, con el cual va a depender de la capacitación que se someta el operario.

#### 4.1.3. Costo de evento

El personal será capacitado en el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) en el cual los costos por persona vienen dado por:

Tabla LXXI. Costo de evento para un operario de producción

Cantidad de Personal administrativo	Rango Costo del curso impartido en (INTECAP)	Costo varios (refrigerio, transporte, papelería y útiles)	Total costo de evento
1	Q. 200,00 a Q. 500,00	Q. 150,00	Q.350,00 a Q.650,00

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Programación

Se desarrollará una calendarización de actividades para desarrollar la capacitación de los operarios y que tipos de capacitaciones se le impartirá con el fin de poder tener una mejora en los procesos productivos.

### 4.2.1. Calendarización de actividades

La creación de calendarización de actividades es necesaria para poder aplicar los conocimientos proporcionados con las capacitaciones a desarrollar, con el fin de tener un programa de actividades para introducir al trabajador los temas a tratar, con el fin de tener un seguimiento en la retroalimentación de los procesos productivos y administrativos. Dentro de la calendarización de



- Capacitación para operarios de producción:
  - Seguridad industrial en la producción
  - Buenas Prácticas de Manufactura (BMP)
  - Programa de 9´S
  - Aplicación de acabos finales especiales ( para las estación de corte a mediad y ensamblado)
  - Armado de muebles prefabricados
  - Mantenimiento correctivo y preventivo

### **4.3. Metodología**

La metodología que se utilizará será principalmente conferencias audiovisuales con las cuales se expondrá los factores a mejorar para el operario.

#### **4.3.1. Conferencias**

El fin de impartir por el método de conferencia es que se pueda explicar al operario, y exponer nuevas técnicas o mejorar el método de trabajo, con el cual se busca que el operario interaccione con el conferencista y exponer las debilidades de la estación de trabajo y ver como se puede mejorar dicho problema o retroalimentarlo.

### **4.3.2. Técnicas audiovisuales**

Las técnicas audiovisuales, es una ayuda para el conferencista de poder transmitir al operario los conocimientos, con el fin de que el operario pueda tener una mejora en el proceso productivo, con el cual se usarán videos, presentaciones animadas, conforme al tipo de capacitación a realizar.

### **4.3.3. Simulaciones**

Dentro de las simulaciones va a depender de cada estación de trabajo, ya que se desarrollaran dentro de las conferencias, una sección práctica, con el fin de capacitar al operario de forma teórica y práctica, como resultado que pueda aplicarlo en el área de trabajo.

## **4.4. Evaluación**

Dentro de la evaluación se utilizaran hojas de *check list*, y de ponderación de calificación del operario con el fin de darle seguimiento a las capacitaciones desarrolladas, con lo cual verificar el cumplimiento de las mejoras dentro del área de trabajo.

### **4.4.1. Check list**

Es una hoja de verificación, en el cual son formatos creados para la realización de actividades repetitivas, y así poder controlar el cumplimiento de estándares estipulados por la planta industrial. Se usa principalmente para hacer comprobaciones sistemáticas.

Figura 134. Propuesta de hojas *check list* para las estaciones de trabajo

CHECK LIST				
Estación de trabajo: _____				
Nombre operario: _____			Fecha: _____ No. de serie: _____	
Puntos chequeados	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
Inspector: _____				
<b>1. descripción a verificar</b>				
Pregunta 1	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta 2	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta n	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
<b>2. descripción a verificar</b>				
Pregunta 1	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta 2	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta n	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
<b>3. descripción a verificar</b>				
Pregunta 1	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta 2	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta n	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
<b>4. descripción a verificar</b>				
Pregunta 1	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta 2	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta n	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
<b>n. descripción a verificar</b>				
Pregunta 1	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta 2	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
Pregunta n	<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/> No apreciado
<b>observaciones</b>				

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

#### 4.4.2. Hoja de ponderación durante el proceso

Este tipo de hoja de evaluación, consiste en calificar al operario, durante el proceso productivo y verificar si se está cumpliendo con los estándares que la planta solicita.

Figura 135. **Propuesta de hoja de ponderación durante el proceso productivo**

HOJA DE PONDERACIÓN DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO	
Nombre operario: _____	Fecha: _____ No. de serie: _____
Estación de trabajo: _____	Nombre evaluador: _____
<b>Descripción actividad a evaluar</b>	<b>Ponderación (%)</b>
Pregunta 1	<input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 75
Pregunta 2	<input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 75
Pregunta 3	<input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 75
Pregunta 4	<input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 75
Pregunta 5	<input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 75
Pregunta n	<input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 75
<b>observaciones</b>	

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

#### **4.5. Resultados**

- Aumentar la eficiencia de cada estación de trabajo
- Estandarizar el proceso productivo
- Buen clima organizacional
- Uso apropiado de maquinaria, herramienta y equipo
- Disminución de costo de operación
- Disminución de costo por mantenimiento correctivo



## CONCLUSIONES

1. Se diseñó una planta industrial de 6,85 \* 10,73 metros con paredes de block, así como un techo ecológico en el cual se incluyó láminas galvanizadas y plásticas con el fin de aprovechar la luz natural y disminuir costos de luz eléctrica, también las ventanas de la planta industrial de medidas mínimas de 0,55 metros para el largo del edificio y 0,86 metros, para el ancho del mismo. Con el cual se concluyó que es un edificio de segunda categoría.
2. Se diseñaron prototipos que ayudaron a mejorar o crear un método de trabajo, ya que dentro de la estación de corte y lavado se creó un prototipo de corte de los empaques de tetrabrik con el fin de tener una ergonomía dentro del trabajo, así como el ahorro de tiempos en el cual fue de 20 segundos entre el método actual y el mejorado. Dentro de la estación de trabajo de prensado a calor se creó un prototipo con el cual cumple con la finalidad de calentar los empaques de tetrabrik, para luego aplicarle fuerza de compresión a dichos empaques y poder desarrollar una plancha de tetrabrik.
3. El tiempo de producción de cada estación de trabajo fue de: centro de acopio fue de 14,77 minutos, el de corte y lavado fue de 97,42 minutos, prensado a calor fue de 46,20 minutos y la estación de trabajo de corte a medida y ensamblado fue de 182,95 minutos, con el cual la línea de producción puede producir un total de 40 repisas mensuales.

4. El costo de producción mensual es de Q21 132,79, en el cual incluye: materia prima, mano de obra, gasto de fabricación, con el cual se obtiene un costo unitario de Q. 528,32 por cada repisa, y un precio de venta de Q. 754,74.
5. Dentro del análisis económico se desarrolló un análisis de Valor Presente Neto (VPN), con el cual se obtuvo un valor monetario de Q. 388 468,33 el valor obtenido es mayor a uno, con lo cual el proyecto es rentable, también se desarrolló un beneficio costo y se obtuvo un valor monetario de Q. 1,36, lo que significa que por cada Q. 1,00 se obtiene como ganancia Q. 1,36, por lo que se puede concluir que el proyecto tiene rentabilidad y se puede ejecutar.
6. El ahorro monetario del sistema convencional, con el sistema ahorrador de agua es de Q. 7,98 por cada 2 libras de tetrabrik, ya que el sistema ahorrador de agua filtra un 100 %, el agua utilizada dentro del proceso de producción de lavado de dicho empaque.
7. Se desarrolló una guía de seguimiento para poder capacitar a los operarios, con el cual se propuso, una calendarización de actividades, para poder desarrollar una planificación de horas de capacitación, así como los costos que conlleva a dicha actividad, con el cual se desarrollo dentro de evaluación de los operarios hojas de *check list* y de hojas de ponderaciones durante el proceso productivo, con el fin ver el cumplimiento de la mejoras dentro de cada estación de trabajo.

## RECOMENDACIONES

1. Desarrollar un estudio técnico para ver si la línea de producción se puede acoplar a otro tipo de edificación industrial, para poder aumentar el tamaño de planta, y la capacidad de producción de la misma.
2. Diseñar y crear otros prototipos con el fin de desarrollar comparaciones, con lo cual se pueda mejorar los prototipos existentes o crear nuevos, con el fin mejorar el proceso productivo de la transformación de los empaques de tetrabrik.
3. Desarrollar un nuevo estudio de tiempos con el fin de tener otra toma de tiempos, con lo cual se pueden hacer comparaciones con los tiempos actuales, con el fin de poder proponer un nuevo estudio de tiempos para el proceso productivo.
4. Desarrollar un nuevo análisis de costos, con el fin de minimizar los gastos de fabricación, mano de obra y materia prima, para poder tener una mayor rentabilidad en la venta del producto final.
5. Buscar en otras fuentes de financiamiento, con el cual se expongan las características de la planta industrial, para tener una nueva inversión inicial, con una nueva tasa de interés, con el fin de desarrollar un nuevo análisis económico.

6. Tener en cuenta que el ahorro monetario va a depender del precio que estandarice la empresa de agua, ya que es la encargada de fijar precios por metro cúbico, hacia el consumidor final.
  
7. Tener en consideración que, la capacitación de los operarios, es una guía en la cual se puede tomar, como punto de partida, para el desarrollo de una capacitación a futuro, con lo cual tener en cuenta que dicha capacitación va a depender de la actitud de los operarios hacia un nuevo método de trabajo, uso de maquinaria nueva, equipo entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CÓRDOBA PADILLA, Marcial. *Formulación y evaluación de proyectos*. Bogotá: Ecoe, 2006. 501 p. ISBN 95-864-8427-0.
2. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 421 p. ISBN 139789701048771.
3. HELLRIEGEL, Don; JACKSON, Susan E.; SLOCUM, John W. *Administración: Un enfoque basado en competencias*. 11a ed. México: Cengage Learning. 2009. 672 p.
4. MONDY, R. Wayne. *Administración de Recursos Humanos*. Sánchez Carrión, Miguel Ángel (tr.). 9a ed. México: Prentice Hall International, 2005. 527 p. ISBN 97-026-0641-1.
5. NIEBEL, Benjamin W.; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial: métodos estándar y diseño del trabajo*. 12a ed. México: Alfaomega, 2004. 586 p.
6. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 3a ed. Guatemala: Palacios, 2009. 101 p.

