



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA
FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

Ligia María Barrios Girón

Asesorado por el Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA
FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LIGIA MARÍA BARRIOS GIRÓN

ASESORADO POR EL ING. OSWIN ANTONIO MELGAR HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
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:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 8 de julio de 2014.


Ligia María Barrios Girón

Guatemala, 24 de julio de 2015

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable señor director:

Me dirijo a usted para informarle que a la presente fecha he revisado y aprobado el trabajo de graduación, titulado:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC”

De la estudiante universitaria **LIGIA MARÍA BARRIOS GIRÓN**, con número de carnet estudiantil **2011-14605**, de quien estoy fungiendo como asesor.

Sin otro particular me suscribo atentamente,



Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández
COLEGIADO 9443
COORDINADOR DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
Jefe de Sección de Gestión de la Calidad
CII/USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.120.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Ligia María Barrios Girón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2015.

/mgp



REF.DIR.EMI.302.015

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 **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC** presentado por la estudiante universitaria **Ligia María Barrios Girón**, 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

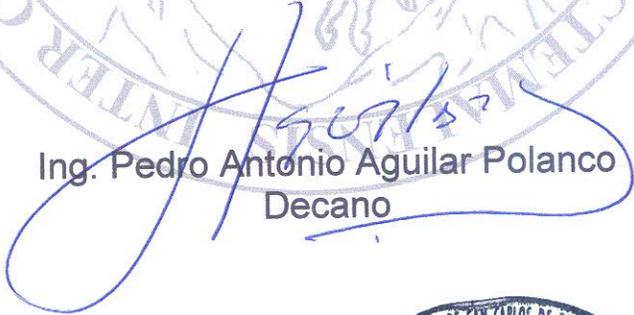
Guatemala, octubre de 2015.

/mgp



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: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria: **Ligia María Barrios Girón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2015



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la luz de mi camino, mi guía y la razón que me motiva a seguir adelante.
Mis padres	Adolfo Barrios y Aracely Girón de Barrios, por su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida.
Mis hermanas	Lucía y Ximena Barrios Girón, por su compañía y motivación.
Mis abuelas	Juana Ernestina Orozco y Victoria Veliz, por su cariño y apoyo moral.
Mis abuelos	Raquel Adolfo Barrios y Miguel Oswaldo Girón, porque sé que desde el cielo comparte conmigo este triunfo.
Mis tíos y tías	Por ser parte importante de este proceso de aprendizaje.
Mis primos	Porque juntos estamos cumpliendo el sueño de ser profesionales.
Mis amigos	Por estar conmigo, tanto en los buenos momentos como en los difíciles.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios, el centro que me dio mucho aprendizaje.
Facultad de Ingeniería	Por ser el lugar que me acogió durante este tiempo de preparación para ser una profesional.
Mis amigos de la Facultad	Porque compartimos un sueño en común, el ser ingenieros, pero sobre todo por su valiosa amistad.
Ingeniero Oswin Melgar	Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación en su departamento y por su asesoría.
Departamento de Física	Por la oportunidad de trabajo brindada y porque en él pude conocer a gente maravillosa.
Ingeniero Eddy Solares	Por sus consejos, compañía, asesoría profesional y por su amistad.
Ariel Adriana Cano	Por su amistad incondicional y grandes enseñanzas.
Ingeniero Velásquez	Por su amistad, compañía, cariño y asesoría técnica.

Jaime del Cid

Por ayudarme en la etapa experimental de este trabajo y por sus consejos.

Josué Ramírez

Por su apoyo y asesoría técnica.

Jesús López

Por su apoyo en la parte experimental de este trabajo de graduación.

Hugo Matías

Por su ayuda y asesoría técnica en la etapa experimental de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Caracterización del bien o servicio	1
1.2. Segmento de mercado	5
1.3. Diagnóstico de demanda y oferta	6
1.4. Canales de distribución y comercialización del producto	23
1.5. Políticas de venta	24
2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA.....	27
2.1. Localización de la planta	27
2.2. Tamaño óptimo de planta	29
2.3. Descripción del producto	33
2.4. Materia prima.....	34
2.5. Mano de obra	37
2.6. Maquinaria y equipo	38
2.7. Definición del método de captación de los desechos de tetrabrik como materia prima	46
2.8. Proceso	49
2.9. Diseño de transformación de un nuevo material	58

2.10.	Caracterización fisicoquímica y mecánica del nuevo material elaborado.....	64
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO - LEGAL.....	75
3.1.	Empresa.....	75
3.1.1.	Nombre y razón social.....	75
3.1.2.	Logotipo.....	75
3.1.3.	Eslogan	76
3.1.4.	Misión	76
3.1.5.	Visión.....	77
3.1.6.	Valores	77
3.1.7.	Estrategias empresariales	77
3.2.	Recursos humanos	82
3.2.1.	Organigrama	84
3.3.	Aspectos institucionales, morales y jurídicos	87
3.4.	Definiciones de naturaleza jurídica.....	88
4.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	91
4.1.	Matriz de Leopold.....	91
4.2.	Análisis microbiológico	94
5.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	99
5.1.	Inversiones fijas	99
5.2.	Inversiones intangibles.....	101
5.2.1.	Costos de estudio de mercado, encuestas.....	104
5.2.2.	Costos de estudio técnico de ingeniería.....	104
5.3.	Costos de operación y mantenimiento	106
5.3.1.	Materia prima.....	107
5.3.2.	Mano de obra	107

5.3.3.	Servicios	108
6.	ESTUDIO FINANCIERO	111
6.1.	Análisis flujo financiero	111
6.2.	Valor actual neto (VAN)	121
6.3.	Tasa interna de retorno (TIR)	122
6.4.	Gastos administrativos y financieros	123
6.5.	Análisis beneficio/costo	124
6.6.	Análisis de sensibilidad.....	125
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA	133
	APÉNDICES	137
	ANEXOS	141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Envase de tetrabrik.....	1
2.	Proceso de lavado de envases de tetrabrik.....	2
3.	Proceso de separado de capas que conforman el envase de tetrabrik.....	2
4.	Limpieza de capa de poli-aluminio	3
5.	Detalle de teja de tetrabrik.....	4
6.	Prototipo de teja de tetrabrik.....	4
7.	Material utilizado para la construcción de techos	12
8.	Viviendas en las que se utiliza teja de barro.....	13
9.	Tipos de tejas utilizadas	14
10.	Distribuidoras de tejas más demandadas.....	15
11.	Precios que la gente paga por una teja	16
12.	Conocimiento sobre la existencia de los envases de tetrabrik	17
13.	¿Qué hace la gente con los envases de tetrabrik que desecha?	18
14.	¿Se pueden utilizar los envases de tetrabrik para elaborar una teja?.....	19
15.	¿Por qué compraría una teja elaborada con envases de tetrabrik? ...	20
16.	¿La teja de tetrabrik puede ser un producto sustituto de las tejas comercializadas?	21
17.	Esquema de canales de distribución empleados.....	24
18.	Planta actual del Departamento de Gestión de la Calidad	28
19.	Plano de ubicación del Departamento de Gestión de Calidad, CII	29
20.	Distribución del equipo en planta.....	32

21.	Prototipo de teja plana de tetrabrik.....	34
22.	Tetrabrik.....	35
23.	Bodega de materia prima	35
24.	Poli-aluminio.....	36
25.	Talco industrial	36
26.	Aceite mineral	37
27.	Ficha técnica de prensa neumática.....	39
28.	Ficha técnica del horno de convección forzada	40
29.	Ficha técnica de la sierra de cinta	41
30.	Ficha técnica del compresor de aire.....	42
31.	Ficha técnica de la balanza digital.....	43
32.	Ficha técnica del molino (<i>crusher</i>) para plásticos	44
33.	Molde	45
34.	Espátula industrial.....	45
35.	Gafas industriales.....	45
36.	Guantes industriales.....	46
37.	Lavado de cajas de tetrabrik 1	47
38.	Lavado de cajas de tetrabrik 2	48
39.	Separado de capas de cartón y polietileno en seco 1	49
40.	Separado de capas de cartón y polietileno en seco 2.....	49
41.	Diagrama de operaciones de proceso.....	50
42.	Diagrama de flujo de proceso	51
43.	Diagrama de recorrido.....	53
44.	Diagrama hombre-máquina.....	54
45.	Diagrama de grupos.....	56
46.	Control de temperatura del horno eléctrico industrial.....	59
47.	Colocación de pliegos base	60
48.	Pesar material	60
49.	Aplicación de materia prima al molde.....	61

50.	Compresión de material en la prensa hidráulica.....	62
51.	Desmoldado	63
52.	Producto terminado	63
53.	Probeta empleada para el ensayo de flexión.....	64
54.	Preparación del ensayo de flexión.....	65
55.	Resultados del ensayo de flexión	65
56.	Probetas para el ensayo de compresión	66
57.	Probetas para el ensayo de tensión	67
58.	Ensayo de tensión	67
59.	Resultados del ensayo de tensión	68
60.	Ensayo de permeabilidad	68
61.	Teja plana de barro.....	70
62.	Teja plana de plástico.....	71
63.	Instalación de la teja de tetrabrik	72
64.	Teja plana de tetrabrik.....	73
65.	Logotipo.....	76
66.	Prensa hidráulica para vulcanizado	81
67.	<i>Hidropulper</i>	81
68.	Organigrama general del CII	84
69.	Organigrama del Departamento de Gestión de la Calidad	85
70.	Matriz de Leopold	93
71.	Cultivo de agar	95
72.	Cultivo en placa Petri.....	95
73.	1 mL de la muestra de agua	96
74.	Solidificación.....	96
75.	Partes que conforman el estudio técnico.....	105
76.	Gráfica del punto de equilibrio anual	119
77.	Diagrama de flujo para la evaluación económica	122

TABLAS

I.	Horno de convección forzada	30
II.	Balanza digital	31
III.	Molino <i>crusher</i>	31
IV.	Prensa neumática	31
V.	Resultados: ensayo de flexión	64
VI.	Resultados: ensayo de compresión	66
VII.	Resultados: ensayo de tensión	66
VIII.	Resultados: prueba de permeabilidad	68
IX.	Comparación de características de tejas de tetrabrik, tejas plásticas y tejas de barro	69
X.	Insumos utilizados por teja elaborada.....	72
XI.	Insumos utilizados al mes, tendiendo una capacidad de producción en planta de 240 tejas.....	73
XII.	Insumos utilizados al mes, tendiendo una capacidad de producción en planta de 480 tejas.....	73
XIII.	Precio de la maquinaria	99
XIV.	Precio de herramientas y moldes	100
XV.	Precio de equipo de protección personal.....	100
XVI.	Inversión inicial	100
XVII.	Consumo de energía eléctrica	101
XVIII.	Consumo de agua potable.....	102
XIX.	Consumo de agua potable en metros cúbicos	103
XX.	Ensayos realizados a la teja de tetrabrik	106
XXI.	Costo de la materia prima.....	107
XXII.	Costo de mano de obra directa.....	108
XXIII.	Gastos de administración	109
XXIV.	Gastos de venta.....	109

XXV.	Costos totales de producción al mes	110
XXVI.	Costos totales de operación al mes	110
XXVII.	Activo fijo de producción	111
XXVIII.	Activo fijo de oficinas.....	112
XXIX.	Activo diferido.....	113
XXX.	Activo fijo y diferido	113
XXXI.	Depreciación y amortización de activo fijo y diferido (en quetzales)	114
XXXII.	Financiamiento de la inversión.....	116
XXXIII.	Clasificación de costos anuales	117
XXXIV.	Determinación de ingresos sin inflación	119
XXXV.	Estado de resultados sin inflación, sin financiamiento y con producción constante	120
XXXVI.	Estado de resultados con inflación, sin financiamiento y con producción constante (en quetzales)	120
XXXVII.	Estado de resultados con inflación, con financiamiento y con producción constante (en quetzales)	121
XXXVIII.	Gastos de administración.....	124
XXXIX.	Variables críticas.....	125
XL.	Flujo de efectivo, considerando una inflación del 3 %.....	126
XLI.	VAN y TIR, considerando una inflación del 3 % anual constante.....	126
XLII.	Estado proforma, considerando una inflación del 4 % y un margen de utilidad del 20 % (en quetzales)	127
XLIII.	Flujo de efectivo, considerando una inflación de 4 % y un margen de utilidad del 20 % (en quetzales)	127
XLIV.	VAN y TIR	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
cm	Centímetro
k	Constante que depende del nivel de confianza
°C	Grados centígrados
Hz	Hertz
Hp	<i>Horsepower</i> , caballo de potencia
kg	Kilogramo
kg/cm ²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
m ²	Metros cuadrados
mL	Mililitro
psi	<i>Pounds-force per square inch</i> , libra-fuerza por pulgada cuadrada.
e	Porcentaje de error
p	Probabilidad de éxito
q	Probabilidad de fracaso
plg	Pulgada
Q	Quetzales
N	Tamaño de la población
n	Tamaño de muestra
VAC	Voltaje corriente alterna
V	Voltio

W

Watt

GLOSARIO

Activo diferido	Desembolsos que realiza una empresa de manera anticipada por servicios que percibirá en un futuro.
Activo fijo	Bienes tangibles de la empresa que no pueden convertirse en líquido a corto plazo.
Aislación acústica	Capacidad de los materiales de oponerse al paso del ruido.
Aislación térmica	Capacidad de los materiales de oponerse al paso de calor por conducción.
Análisis de sensibilidad	Análisis mediante el cual se puede determinar qué tan sensible es la TIR, ante los cambios de las variables del proyecto.
Análisis microbiológico	Análisis que se lleva a cabo por medio de la aplicación de pruebas microbiológicas, encaminadas a detectar microorganismos presentes en una muestra.
Baldosines	Baldosa pequeña y fina para recubrir paredes.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.

<i>Cold rolled</i>	Material de acero que eleva la dureza y su resistencia a la tensión.
<i>Crusher</i>	Molino utilizado para triturar materia prima.
Ensayo de compresión	Ensayo que se realiza para determinar la resistencia a la compresión de un material.
Ensayo de flexión	Ensayo que determina el esfuerzo de un material al ser sometido a una deformación plástica.
Ensayo de permeabilidad	Ensayo que permite medir la cantidad de absorción que tiene un material al estar expuesto a sustancias líquidas.
Ensayo de tensión	Prueba que se emplea para determinar el comportamiento de un material al ser sometido a una tracción axial.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
Flujo neto efectivo	Representa la cantidad disponible al finalizar un periodo contable. La diferencia entre los ingresos y egresos.
<i>Hidropulper</i>	Máquina utilizada para la separación de capas de los envases de tetrabrik.

Horno de convección forzada	Horno eléctrico en el que el movimiento del aire en la cámara de calentamiento es forzado, para asegurar en su interior una distribución de temperatura uniforme.
Inmaco	Empresa dedicada a la fabricación, venta y distribución de ladrillos y tejas de barro.
Matriz de Leopold	Método cualitativo y cuantitativo de evaluación de impacto ambiental. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto al entorno natural.
Mecanizado	Proceso de elaboración mecánica, comprende la utilización de ciertas máquinas como tornos, fresadoras, entre otras.
<i>Outsourcing</i>	Subcontratación, el contrato que una empresa realiza a otra para que esta lleve a cabo determinadas tareas.
Poli-aluminio	Capa interior de los envases de tetrabrik, mezcla de polietileno y aluminio.
Polietileno	Polímero que se emplea en la fabricación de envases, tuberías y recubrimientos de cable.
Prensa hidráulica para vulcanizado	Máquina que se utiliza para compactar y calentar material a alta temperatura, se utiliza para la vulcanización de productos de caucho.

Prensa neumática	Máquina que se utiliza para compactar material y que utiliza tecnología neumática, es decir, emplea aire comprimido como modo de transmisión de energía necesaria para su funcionamiento.
Punto de equilibrio	Nivel de producción en el cual los beneficios por ventas son exactamente iguales a los costos fijos y variables.
Razón beneficio/costo	Se utiliza para evaluar inversiones de interés social.
Recuento aeróbico	Método que permite identificar la cantidad total de microorganismos aeróbicos presentes en la materia prima.
Resistencia a la humedad	Capacidad de un material de oponerse al vapor presente en la atmósfera.
Tasa interna de retorno	Método de evaluación económica que toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, es la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero. Se le llama tasa de retorno porque supone que el dinero que se invierte año con año se reinvierte en su totalidad.
Tasa mínima aceptable de rendimiento	Tasa mínima de rendimiento que aceptan los inversionistas que van a financiar un proyecto.

Tetrabrik	Envase de cartón impermeabilizado con aluminio y polietileno de baja densidad, utilizado para la conservación de alimentos.
UFC	Unidades formadoras de colonias. Valor que indica el grado de contaminación microbiológica en un ambiente.
Valor actual neto	Método de evaluación económica que toma el valor del dinero a través del tiempo, en el momento en que se origina el proyecto, pasando las cantidades futuras al presente, utilizando una tasa de descuento.
Vulcanizado	Proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo, en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

RESUMEN

El tema de conservación del medio ambiente ha venido a causar gran preocupación en el ámbito industrial, por lo que ahora las industrias están buscando nuevos métodos y procedimientos de producción que reduzcan la contaminación ambiental a través de la reutilización de los desechos sólidos.

La fabricación de nuevos productos empleando envases de tetrabrik puede contribuir a reducir el impacto ambiental que dichos desechos representan al entorno natural. En esta oportunidad, se realizó un estudio que determine la factibilidad de un proyecto de fabricación de tejas utilizando envases de tetrabrik en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

El tetrabrik es un material que sirve para envasar y conservar productos alimenticios como jugos, leche, salsas, vinos, entre otros, debido a sus componentes (papel, aluminio y polietileno de baja densidad) logra mantener el producto en óptimas condiciones. El problema con este tipo de envase es que no es reutilizable, lo que significa que no se puede manipular de nuevo para empacar más producto, y termina siempre tirado en las calles o en un relleno sanitario, por lo tanto, no cumple un ciclo de reciclaje que ambientalmente reduzca la contaminación.

Se habla de un diseño robusto de una teja elaborada con envases de tetrabrik, debido a que la teja será fabricada con desechos sólidos como los envases de tetrabrik, y será diseñada de manera que cumpla con las características mínimas de uso funcional y con las características de un producto ecológico.

OBJETIVOS

General

Evaluar, por medio de un estudio de factibilidad, el diseño robusto de fabricación de tejas empleando envases de tetrabrik en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII.

Específicos

1. Determinar el mercado potencial para la comercialización de una teja realizada a base de tetrabrik.
2. Fabricar el prototipo de la nueva teja, para la realización de ensayos que determinarán sus propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas.
3. Evaluar el impacto que tendrá la fabricación de tejas realizadas con envases de tetrabrik en el medio ambiente, así como las ventajas y desventajas del producto.
4. Establecer misión, visión, valores y estrategias del Departamento de Gestión de la Calidad en relación al proyecto.
5. Realizar la evaluación económica del proyecto y determinar su factibilidad.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las industrias están innovando en el tema de diseño de nuevos productos que tengan efectos positivos con el ambiente, existe una verdadera preocupación por parte de los países industrializados por la gran cantidad de desechos que la sociedad produce diariamente. Además de pretender conservar los recursos naturales existentes, sustituyéndolos por recursos renovables.

La fabricación de envases de tetrabrik para la conservación de alimentos tiene sus ventajas en cuanto a la preservación de los mismos, debido a que el empaque ha resultado ser uno de los más apropiados para la industria de leche, vino, jugos, entre otros. Sin embargo, este tipo de envase no completa su ciclo de reciclaje al no estar conformado con material biodegradable, por lo que le toma en promedio 30 años en degradarse.

En Guatemala, la compra de productos perecederos empacados en envases de tetrabrik es muy frecuente, sin embargo, la mayor parte del mercado objetivo de esta industria desconoce el impacto ambiental que tienen estos envases al ser desechados. Debido a la problemática ambiental que representan estos desechos sólidos y tomando en cuenta las ventajas económicas, ambientales y sociales que conllevan la reutilización y reciclaje de estos envases, se plantea la necesidad de fabricar un producto ecológico de construcción, como las tejas realizadas a base de tetrabrik. Por tal razón, es necesario evaluar sus características físicas y mecánicas para compararlas con las tejas comercializadas actualmente.

La exploración e investigación realizada por grupos de experimentadores que han tomado conciencia de este tema han llevado a encontrar la manera de fabricar paneles a base de tetrabrik, los cuales pueden ser utilizados para la elaboración de distintos productos de mobiliario. En esta oportunidad, suponiendo una necesidad de satisfacer la demanda de un techo ecológico, se pretende plantear la idea y analizar la factibilidad de fabricar una teja a base de tetrabrik, con el objetivo de tener un producto sustituto de los materiales actualmente conocidos para la construcción de techos.

El estudio de factibilidad determinará la viabilidad de la fabricación robusta de tejas de tetrabrik, con lo cual se pretende reducir la acumulación de desechos en el ambiente; así como al diseño de un producto ecológico que posea características similares a las de una teja comercializada actualmente.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Caracterización del bien o servicio

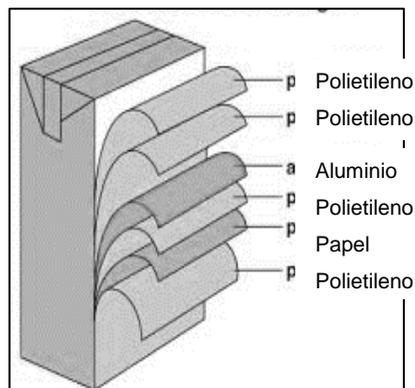
El producto consiste en la elaboración de una teja manufacturada a base de tetrabrik. El tetrabrik es un envase de cartón utilizado como contenedor de alimentos para conservarlos en condiciones óptimas.

- Tetrabrik

Los envases de tetrabrik están formados por seis capas de diferentes materiales, las cuales permiten conservar los alimentos adecuadamente:

- 75 % de cartón (una capa)
- 20 % de polietileno de baja densidad (4 capas)
- 5 % de aluminio (una capa)

Figura 1. **Envase de tetrabrik**



Fuente: *Envase tetrabrik*. www.turcon.wordpress.com. Consulta: 27 de marzo de 2014.

- **Reciclaje de tetrabrik**

El proceso de reciclaje de tetrabrik consiste en reunir las cajas, lavarlas y triturarlas para hacer un conglomerado. Este conglomerado se compacta para fabricar las tejas, se utiliza el poli-aluminio para darle impermeabilidad a la teja. Para obtener el poli-aluminio de las cajas de tetrabrik se deberá de separar las capas de cartón y poli-aluminio, luego se limpiará el poli-aluminio para obtener la fibra que se necesita como materia prima para la elaboración de la teja.

Figura 2. Proceso de lavado de envases de tetrabrik



Fuente: Departamento de Gestión de Calidad, CII.

Figura 3. Proceso de separado de capas que conforman el envase de tetrabrik



Fuente: Departamento de Gestión de Calidad, CII.

Figura 4. **Limpieza de capa de poli-aluminio**



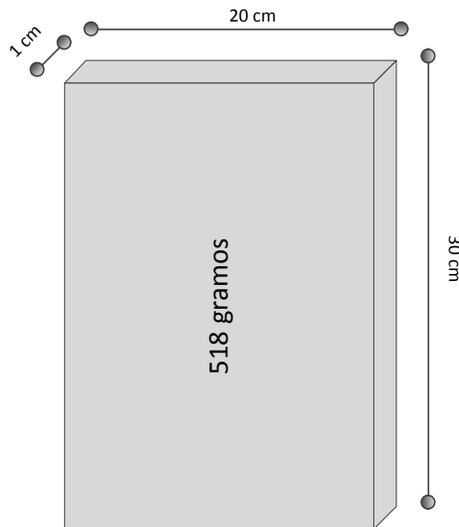
Fuente: Departamento de Gestión de Calidad, CII.

Se identifica una necesidad de fabricar una teja elaborada de desechos sólidos, como el tetrabrik, con el objetivo de contribuir con una producción más limpia, mediante el reciclaje de estos envases, los cuales tardan 30 años en degradarse. Por tal razón, es necesario evaluar y comparar su funcionalidad con una teja comercializada en el mercado actual. La creación de esta teja satisfará una de las necesidades habitacionales de un techoestructurado con un producto ecológico, que además representa menos daños en caso de un sismo o desastre natural.

La ventaja competitiva de este producto radica en el diseño de una teja manufacturada que además tendrá efectos positivos al ambiente, conservando los recursos naturales al hacer uso de recursos renovables. Su singularización es contribuir con una producción más limpia.

El diseño del nuevo producto consiste en una teja plana con las siguientes dimensiones 30 * 20 * 1 cm y su funcionalidad deberá cumplir con las características mínimas de uso de una teja aceptada en el mercado constructivo.

Figura 5. **Detalle de teja de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Prototipo de teja de tetrabrik**



Fuente: Departamento de Gestión de Calidad, CII.

La teja de tetrabrik es un producto innovador, se crea con el objetivo de ayudar al medio ambiente mediante la reutilización de desechos no biodegradables. Necesita mantenimiento para alargar su vida útil, cuidados

especiales como recubrirla con pintura impermeable para su conservación, debido a que es susceptible a cambios al presentarse fuertes variaciones estacionales, por lo que podría verse afectado el nivel de ventas por las condiciones económicas del país.

Sobre el precio del producto y su comercialización, se ha detectado que debido al proceso de producción y a la capacidad instalada de la planta, el precio de este producto está por encima del precio de las tejas utilizadas actualmente en la industria de la construcción y demandadas por la población objetivo. Sin embargo, la inversión que se realiza al comprar este producto contribuye en gran medida a la conservación del ambiente natural, lo que representa menos contaminación, y es una de las ventajas competitivas que posee el producto.

1.2. Segmento de mercado

- Análisis de necesidades
 - Se busca evaluar la fabricación de un producto ecológico para la construcción o decoración de techos para el sector económico medio alto de Guatemala.
 - Se pretende ofrecer una teja elaborada a base de desechos sólidos y que además sea funcional.
 - Se requiere que la teja posea un peso liviano, para que, en caso de sismos o desastres naturales, no provoque daños graves a las personas que habitan en la residencia.
 - Fabricar una teja que contribuya con una producción más limpia, que sea ecológica y utilice recursos renovables.

- Mercado meta

Los clientes deberán tener las siguientes características:

- Geográficas: poblaciones clase media alta de la colonia Los Olivos, zona 18, Guatemala.
- Demográficas:
 - Edad: población adulta
 - Género: masculino o femenino
 - Estatus económico: medio alto
- Culturales:

La población a la cual va dirigido este producto es aquella que tenga la capacidad económica de adquirir un producto de construcción o decoración de techo ecológico, que su preocupación por la conservación del ambiente natural sea grande y que desee realizar una inversión considerable para el cuidado del ambiente.

1.3. Diagnóstico de demanda y oferta

La teja es un material de construcción que las personas utilizan, en su mayoría, como decoración o recubrimiento de techos. Para la construcción de techos, las personas prefieren losa de concreto y lámina.

Actualmente se comercializan tejas de barro, tejas plásticas, tejas de fibra de vidrio, tejas de madera, entre otros. Las que se acercan más a un producto ecológico son las tejas de barro y las tejas plásticas, por su proceso productivo y por los materiales que emplean. Por lo tanto, las tejas de barro y las tejas plásticas son las que representan la mayor competencia para este producto.

- Empresas distribuidoras de tejas de barro en la zona 18

En la zona 18 existen dos empresas potencialmente fuertes en la distribución de tejas de barro, estas son Ladrillos Las Cruces e Inmaco.

Ladrillos Las Cruces está ubicado en carretera a San Pedro Ayampuc, km 9, zona 18. Se dedica a la producción de baldosines, bloques de concreto, bloques de barro cocido, fachadas, ladrillos y tejas.

Inmaco es una de las empresas distribuidoras de tejas de barro y se localiza en el kilómetro 4,5 ruta al Atlántico, zona 17. Inició sus operaciones en Guatemala en 1956, se dedica a la producción y comercialización de productos de barro como pisos, tejas y muros.

Para determinar el comportamiento de la demanda ante el nuevo producto, se recopiló información de fuentes primarias. Para obtener la información, se realizó la siguiente encuesta en la colonia Los Olivos, zona 18. La información obtenida estima la demanda potencial de las tejas de tetrabrik y la demanda actual de las tejas de barro.

- Modelo de encuesta para la población de clase media alta en la colonia Los Olivos, zona 18

1. ¿Qué material utiliza para la construcción de un techo?

- a) Lámina
- b) Losa de concreto
- c) Teja de barro, plástica, entre otros
- d) Cielo falso
- e) Otro (especifique) _____

2. ¿Ha utilizado la teja de barro convencional?
 - a) Sí
 - b) No

3. ¿Qué tipo de teja utilizaría?
 - a) Teja de barro
 - b) Teja plástica
 - c) Teja de madera
 - d) Teja de asfalto (fibra de vidrio y materiales orgánicos)

4. ¿A qué distribuidora compraría tejas de barro?
 - a) Inmaco
 - e) Ladrillera las Cruces
 - f) El Tejar
 - g) Otros (especifique): _____

5. ¿Qué precio pagaría por una teja?
 - a) Q 2,00 /unidad
 - b) Q 2,75/ unidad
 - c) Q 3,00/ unidad
 - d) Q 6,00/ unidad
 - e) Q 8,00/ unidad
 - f) Q 10,00/ unidad
 - g) Más de Q 15,00

6. ¿Conoce los envases de tetrabrik (cajas de leche o jugos)?
 - a) Sí
 - b) No

7. ¿Qué hace con los desechos de envases de tetrabrik?
- a) Los tira
 - b) Los recicla
8. ¿Considera que se pueden utilizar los envases de tetrabrik para elaborar una teja?
- a) Sí
 - b) No
 - c) Tal vez
9. Si la teja elaborada con envases de tetrabrik existiese ¿Por qué razón la compraría?
- a) Precio
 - b) Funcionalidad
 - c) Diseño
 - d) Por ser un producto ecológico
10. ¿Cree que la teja elaborada con envases de tetrabrik podría ser un producto sustituto de la tejas?
- a) Sí
 - b) No
11. ¿Cuántos metros cuadrados necesitaría cubrir con la teja de tetrabrik?

- Análisis de datos de fuentes primarias (aplicación de encuestas)

Se establece un nivel de confianza del 95 % con un error del 5% en los resultados de las encuestas.

Antes de aplicar la encuesta, es necesario estratificar el mercado. La encuesta pretende determinar la cantidad de tejas que demanda la población objetivo, conocer qué piensa la población sobre este producto, determinar las tejas más demandadas actualmente por la población.

- Cálculo de la muestra

Para obtener la muestra de personas que serán encuestadas, se empleará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + K^2 p q}$$

Donde:

N = tamaño de la población

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

e = porcentaje de error

k = constante que depende del nivel de confianza que se le asigne a la investigación. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los datos sean verdaderos.

Si se trabaja con un nivel de confianza del 95 %, entonces k es 1,96, un error de 5 % y una probabilidad de éxito y de fracaso de 50 %, para maximizar el valor de la muestra.

La colonia Los Olivos es un residencial ubicado en el departamento de Guatemala, en la zona 18. Se ha seleccionado este sector para desarrollar este estudio debido a las características de la población que se mencionaron anteriormente. El residencial cuenta con aproximadamente 2 000 residencias de personas de clase media y media alta.

$$n = \frac{(1,96)^2(2\,000)(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(2\,000 - 1) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = 322$$

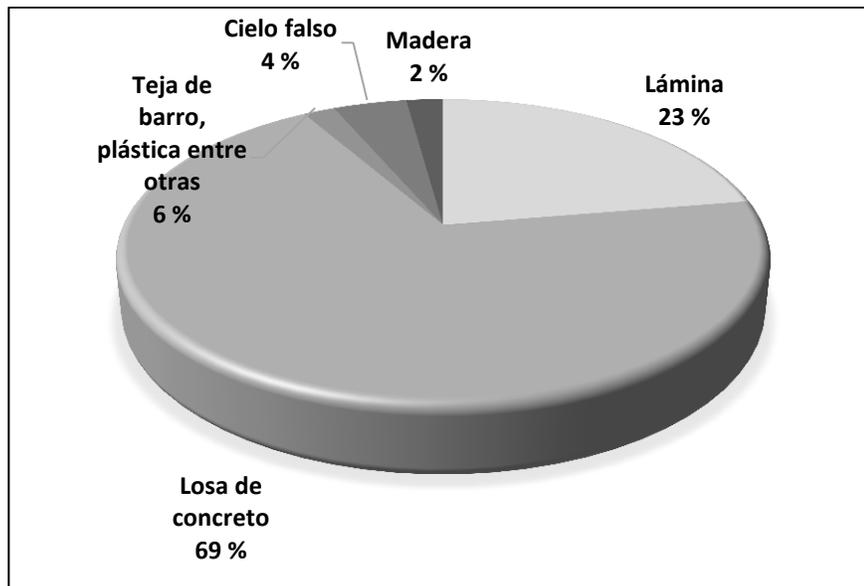
El tamaño de la muestra encuestada es de 322.

- Análisis de las encuestas
 - ¿Qué material utiliza para la construcción de un techo?

Respuestas:

Lámina	72	22,36 %
Losa de concreto	223	69,25 %
Teja de barro, plástica, entre otras	6	1,86 %
Cielo falso	14	4,34 %
Madera	7	2,17 %

Figura 7. **Material utilizado para la construcción de techos**



Fuente: elaboración propia.

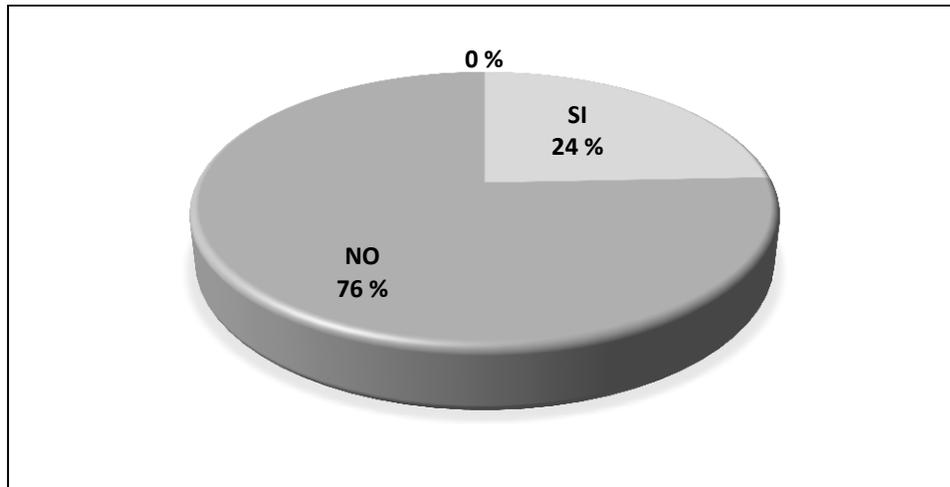
Se observa que el sector socioeconómico medio alto de la colonia Los Olivos, zona 18, prefiere construir con losa de concreto. Únicamente un 6 % utiliza tejas de cualquier tipo. Se concluye que este sector prefiere utilizar las tejas como un material de decoración y no para construir la estructura de un techo.

- ¿Ha utilizado la teja de barro convencional para la construcción su techo?

Respuestas

Sí	78	24,35 %
No	244	75,65 %

Figura 8. **Viviendas en las que se utiliza teja de barro**



Fuente: elaboración propia.

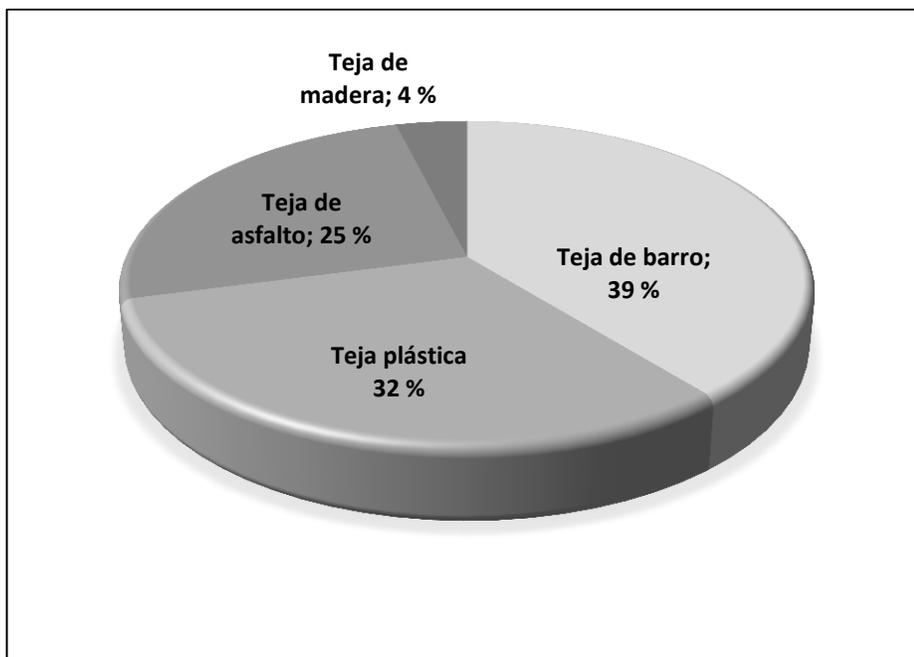
Como se mencionó en la pregunta anterior, la teja es un material de construcción principalmente decorativo. El 76 % contestó que no utilizan la teja de barro y el 24 % contestó que sí la utiliza. Se enfatizó en las tejas de barro específicamente porque en la zona 18 hay dos grandes empresas de producción y comercialización de tejas de barro que abastecen la demanda potencial de esta zona.

- ¿Qué tipo de teja utilizaría?

Respuestas

Teja de barro	39,13 %
Teja plástica	31,74 %
Teja de asfalto (fibra de vidrio y materiales orgánicos)	25,22 %
Teja de madera	3,91 %

Figura 9. Tipos de tejas utilizadas



Fuente: elaboración propia.

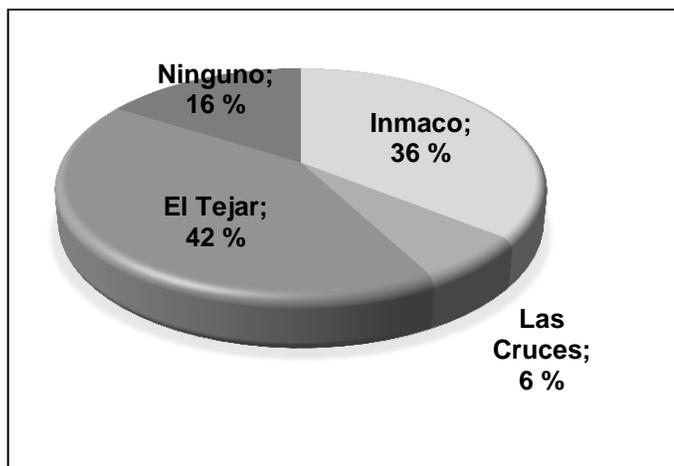
El mayor porcentaje de la población encuestada prefiere utilizar las tejas de barro, son más llamativas y elegantes. Luego le sigue la teja plástica por su fácil instalación.

- ¿A qué distribuidora compraría tejas de barro?

Respuestas:

Inmaco	115	35,65 %
Las Cruces	21	6,52 %
El Tejar	134	41,74 %
Ninguno	52	16,09 %

Figura 10. **Distribuidoras de tejas más demandadas**



Fuente: elaboración propia.

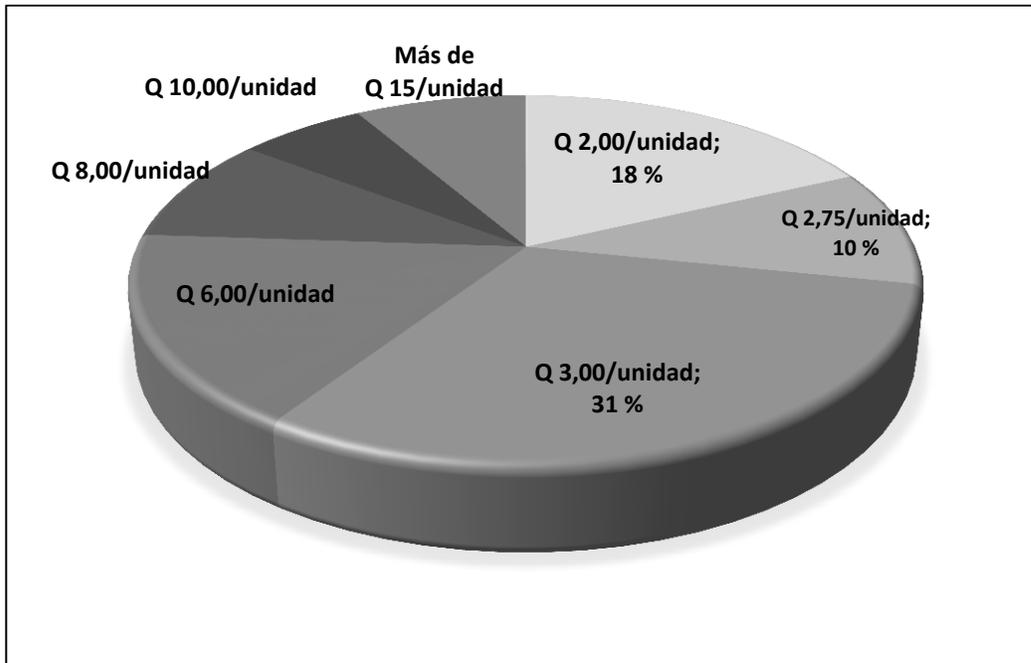
Analizando las distribuidoras cercanas al mercado estudiado, se determinó que la población prefiere comprar tejas en la comercializadora El Tejar, pues vende tejas de barro y tejas plásticas. Luego sigue Inmaco en orden de preferencia.

- ¿Cuál es el precio máximo que pagaría por una teja?

Respuestas:

Q 2,00/ unidad	58	18,01 %
Q 2,75/ unidad	33	10,25 %
Q 3,00/ unidad	100	31,06 %
Q 6,00/ unidad	54	16,77 %
Q 8,00/ unidad	30	9,32 %
Q 10,00/ unidad	20	6,21 %
Más de Q 15,00	27	8,39 %

Figura 11. Precios que la gente paga por una teja



Fuente: elaboración propia.

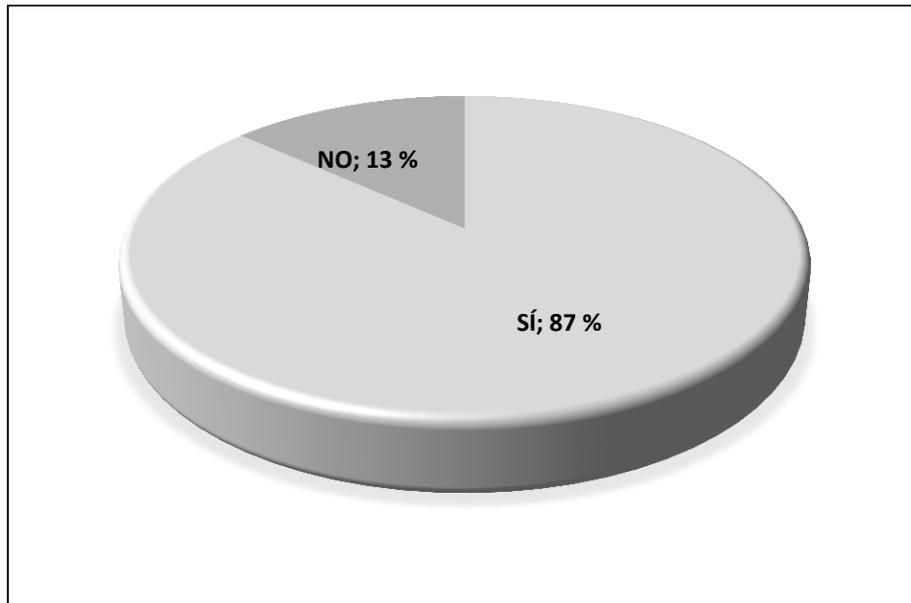
Las tejas que se comercializan actualmente tienen un costo unitario relativamente bajo, por lo que la teja de tetrabrik deberá competir contra estos precios.

- ¿Conoce los envases de tetrabrik? (cajas de jugo o leche)

Respuesta:

Sí	279	86,65 %
No	43	13,35 %

Figura 12. **Conocimiento sobre la existencia de los envases de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

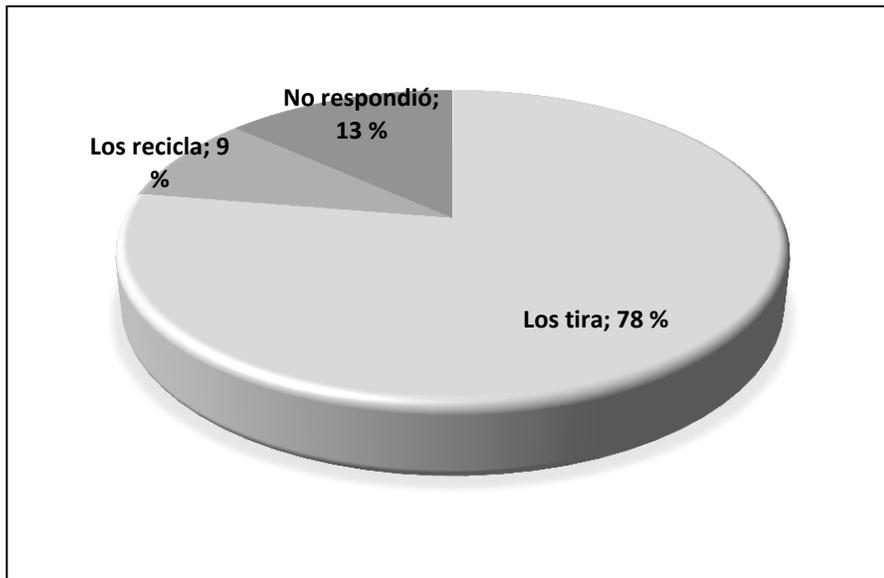
El 87 % de la población conoce el envase de tetrabrik y sabe que es un desecho sólido que se puede reciclar.

- ¿Qué hace usted con los envases de tetrabrik que desecha?

Respuestas:

Los tira	250	77,64 %
Los recicla	29	9,00 %
No respondió	43	13,36 %

Figura 13. **¿Qué hace la gente con los envases de tetrabrik que desecha?**



Fuente: elaboración propia.

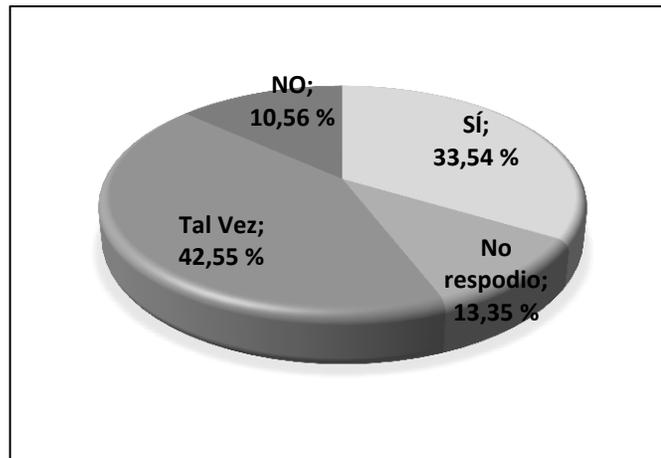
Únicamente el 9 % de la población recicla los envases de tetrabrik, el 78 % los tira y el 13 % no respondió porque no conoce los envases de tetrabrik.

- ¿Considera que se pueden reutilizar los envases de tetrabrik para elaborar una teja?

Respuestas:

Sí	108	33,54 %
No	34	10,56 %
Tal vez	137	42,55 %
No respondió	43	13,35 %

Figura 14. **¿Se pueden utilizar los envases de tetrabrik para elaborar una teja?**



Fuente: elaboración propia.

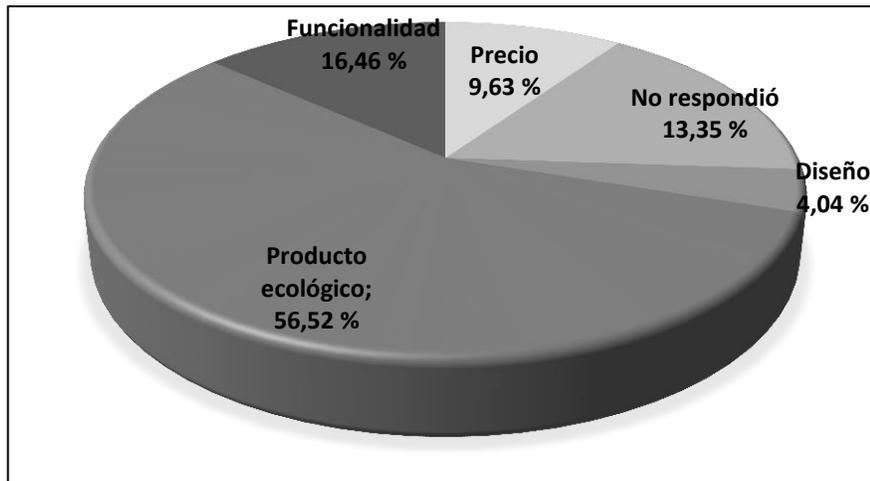
El 33 % de la población apoya la idea de la reutilización de envases de tetrabrik para la realización de una teja. El 43 % piensa que puede ser posible esta idea, el 11 % no apoya la idea y el 13 % no respondió porque no conoce los envases de tetrabrik.

- ¿Por qué razón compraría una teja elaborada con envases de tetrabrik?

Respuesta:

Precio	31	9,63 %
Funcionalidad	53	16,46 %
Diseño	13	4,04 %
Producto ecológico	182	56,52 %
No respondió	43	13,35 %

Figura 15. **¿Por qué compraría una teja elaborada con envases de tetrabrik?**



Fuente: elaboración propia.

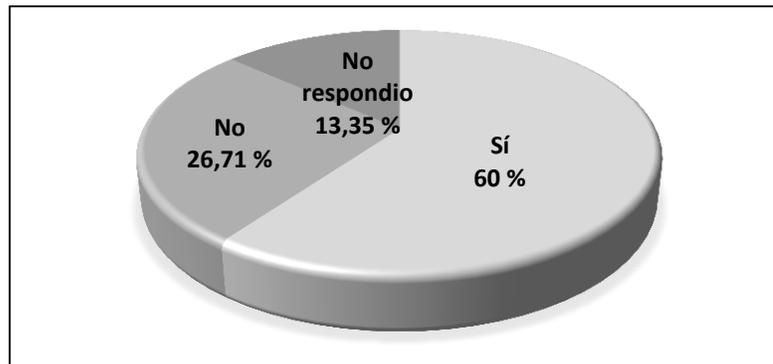
Tal como se esperaba, el porcentaje mayor de la población (57 %) respondió que apoya el proyecto de fabricación de tejas elaboradas con envases de tetrabrik porque es un producto ecológico que ayuda a la conservación del medio ambiente. El 16 % de la población apoya el proyecto por la funcionalidad de la teja, el 10 % porque considera que la teja tendrá un precio bajo, el 4 % por su diseño y el 13 % no respondió.

- ¿Cree que una teja fabricada a base de tetrabrik podría ser un producto sustituto de las tejas comercializadas?

Respuestas:

Sí	193	60 %
No	86	26,65 %
No respondió	43	13,35 %

Figura 16. **¿La teja de tetrabrik puede ser un producto sustituto de las tejas comercializadas?**



Fuente: elaboración propia.

El 60% de la población considera que la teja fabricada con envases de tetrabrik puede ingresar en el mercado y convertirse en un producto sustituto de las tejas actualmente comercializadas. El 27 % considera que esto no puede ser posible, el resto no respondió.

- ¿Cuántos metros cuadrados desearía cubrir con la teja elaborada con envases de tetrabrik?

Promedio: 18 m²

- Análisis de los resultados de las encuestas

Las preguntas iban encaminadas a cuantificar el consumo familiar de tejas de tetrabrik. En la pregunta número 1 se tiene que el 2 % de las residencias dentro de la colonia Los Olivos utilizan tejas para la construcción de techos. De acuerdo con la información obtenida por parte de la administración, cuenta con

aproximadamente 2 000 casas. El 24 % de los propietarios han utilizado las tejas de barro, ya que entre todos los tipos de tejas existentes, la teja de barro es la que la gente prefiere para la decoración y mantenimiento de sus techos.

Se sabe que existen tres distribuidoras potenciales de tejas, Inmaco, Ladrillera las Cruces y El Tejar. Los datos que arrojan las encuestas determinan que el la distribuidora El Tejar es la distribuidora que prefiere esta población.

De las respuestas a la pregunta 5 se concluye que el 87 % de los habitantes de la residencia mencionada anteriormente tienen conocimiento de lo que son los envases de tetrabrik y únicamente el 9 % de ellos los recicla. El 33 % de los residentes creen que sí es posible reciclar los envases de tetrabrik para la elaboración de tejas, el 43 % considera que existe la posibilidad de que este producto sea funcional y el 11 % cree que no es factible realizarlo.

El 57 % de los residentes comprarían la teja de tetrabrik por apoyar la conservación el ambiente natural a través de la fabricación y consumo de productos ecológicos. Sin embargo, no están dispuestos a pagar un precio alto por la conservación del ambiente. Únicamente el 9 % de la población encuestada dijo pagaría un precio alto por la teja de tetrabrik en apoyo al medio ambiente. El 16 % consumiría el nuevo producto por su funcionalidad, el 10 % por el precio y el 4 % por su diseño.

Se ha estimado que el 60 % de los residentes de la colonia Los Olivos consideran que esta teja realizada a base de tetrabrik podría funcionar como un producto sustituto de las demás tejas existentes en el mercado. Además, se estima que los residentes podrían tener una necesidad de cubrir un área de 18 m² con el nuevo producto innovador.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se identifica que el 45 % de los residentes representan el mercado potencial de este estudio, por lo que se determina una demanda de 900 residencias, las cuales cubrirían un área aproximada de 18 m². Por lo tanto, se trabajará en el posterior estudio los arreglos técnicos necesarios para cubrir dicha demanda de tejas de tetrabrik.

1.4. Canales de distribución y comercialización del producto

Los canales de distribución son las vías que elige la empresa, que recorrerá el producto desde que se crea hasta que llega al consumidor final. Se caracterizan por el número de niveles que existen, es decir, los intermediarios que realizan una función de acercamiento del producto hasta el consumidor final.

La elección del canal de distribución lleva a identificar lo siguiente:

- Control sobre los productos: alto
- ¿Hacia dónde se dirige el producto?: hacia el consumidor final y, en un futuro, hacia las empresas distribuidoras de materiales de construcción.
- ¿Quiero intervenir sobre la fijación final del precio?: sí
- ¿Voy a intervenir en todas las actividades promocionales?: sí
- Capacidad financiera: limitada
- Capacidad del equipo: limitado

- Elección de canales de distribución
 - Productor > consumidor
 - Productor > mayorista o minorista > consumidor

Figura 17. **Esquema de canales de distribución empleados**



Fuente: elaboración propia.

- Productor: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII
- Mayorista o minorista: industrias de la construcción o ferreterías cercanas a la colonia Los Olivos.
- Consumidor: población meta (habitantes de la colonia Los Olivos, zona 18).

1.5. Políticas de venta

- Las tejas serán vendidas a distribuidores y usuarios finales.
- El horario de atención es de 8:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00.
- Las tejas serán comercializadas en los puntos de venta autorizados.
- Únicamente se aceptarán devoluciones por mercadería defectuosa, la cual podrá ser reclamada en los primeros 5 días después de haber sido entregado el producto.

- La fecha de envío o entrega del pedido solicitado se estima de acuerdo a la disponibilidad del producto y el tiempo de proceso.
- El producto se cancela en el área administrativa de la empresa.
- Política de compra de suministros
 - Todo el personal que labore en el Departamento de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Usac, deberá cumplir obligatoriamente los procedimientos para solicitud de los materiales o servicios a nivel de laboratorio, mantenimiento y atención al cliente.
 - A la solicitud de compra deberá adjuntarse las cotizaciones respectivas de acuerdo a lo siguiente:
 - Si el producto o servicio tiene un valor de hasta Q 500,00 solo será necesario adjuntar una cotización a la solicitud de compra.
 - Si el producto o servicio a adquirir supera los Q 500,00 pero no pasa de los Q 4 999,99, será necesario adjuntar dos cotizaciones de diferentes empresas a la solicitud de compra.
 - Si el producto o servicio a adquirir supera los Q 5 000,00 pero no sobrepasa los Q 9 999,99, será necesario adjuntar tres cotizaciones de diferentes empresas a la solicitud de compra.
 - Si el producto o servicio a adquirir es mayor o igual a Q 10 000,00, será necesario ingresar a licitación al portal de Guatecompras.

- Tesorería es el departamento encargado de efectuar el proceso de compras.
- Los materiales son solicitados desde el Departamento de Gestión de la Calidad antes de que los suministros se agoten
- Se llena la solicitud de compra y se lleva a al Departamento para que sea autorizada.

2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA

2.1. Localización de la planta

Actualmente, la planta se encuentra localizada en el Departamento de Gestión de la Calidad, ubicada en el área de prefabricados, Universidad de San Carlos de Guatemala, zona 12 y forma parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería. En esta planta se elaboró el prototipo de la teja de tetrabrik, sin embargo, será necesario realizarle algunas modificaciones en cuanto a distribución del equipo y espacio, para que pueda satisfacer a largo plazo la demanda proyectada de tejas de tetrabrik. Si el producto es aceptado y la demanda de tejas de tetrabrik supera la capacidad de producción de la planta actual, se deberá buscar una localización adecuada para la ubicación de una planta más grande con mayor capacidad de producción, la cual pueda satisfacer la demanda de tejas de tetrabrik al mercado meta.

El terreno tiene una superficie de $10,15 \times 6,15 \text{ m} = 62,4 \text{ m}^2$.

La superficie construida es la siguiente:

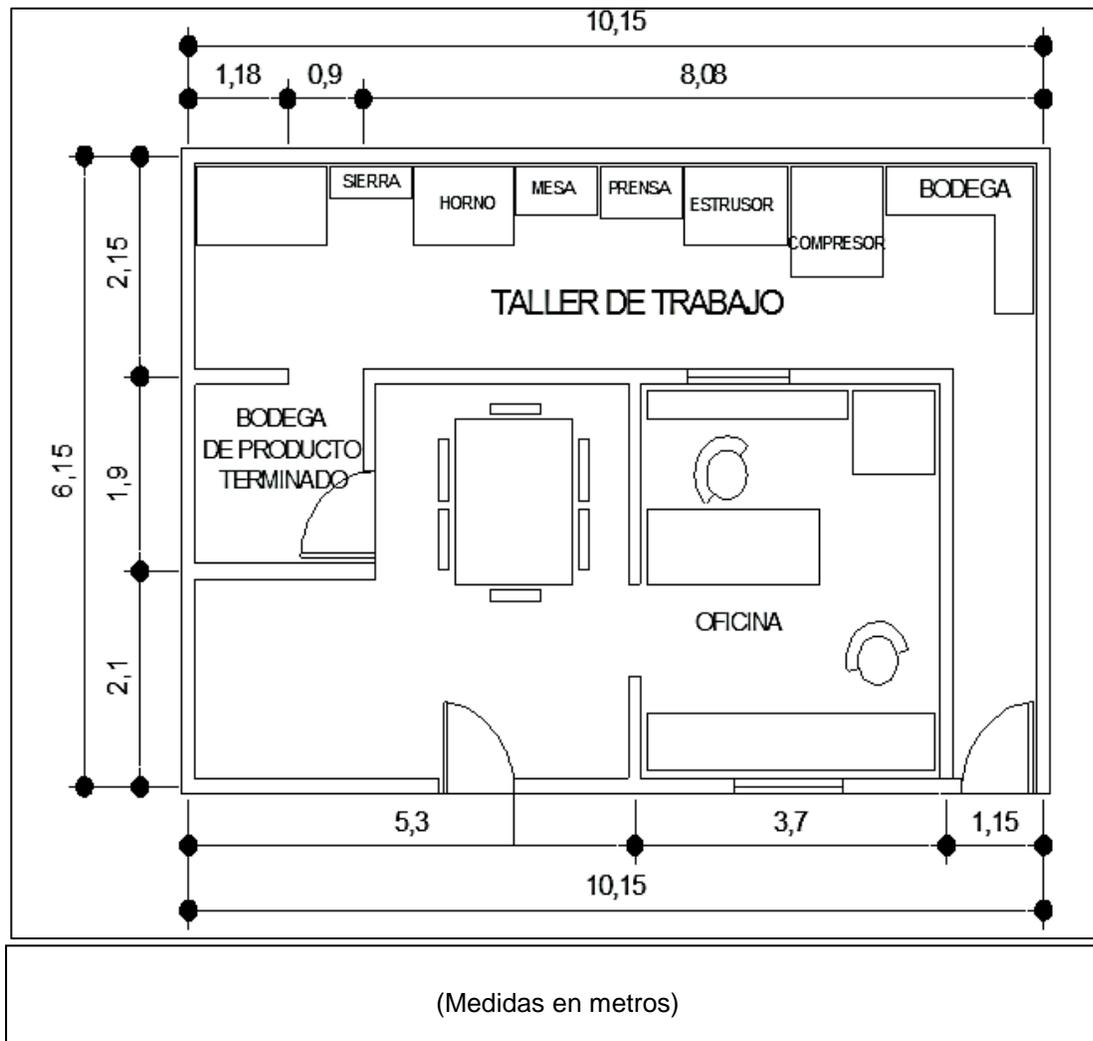
Planta = $21,8 \text{ m}^2$

Bodegas = $7,4 \text{ m}^2$

Oficinas = $14,8 \text{ m}^2$

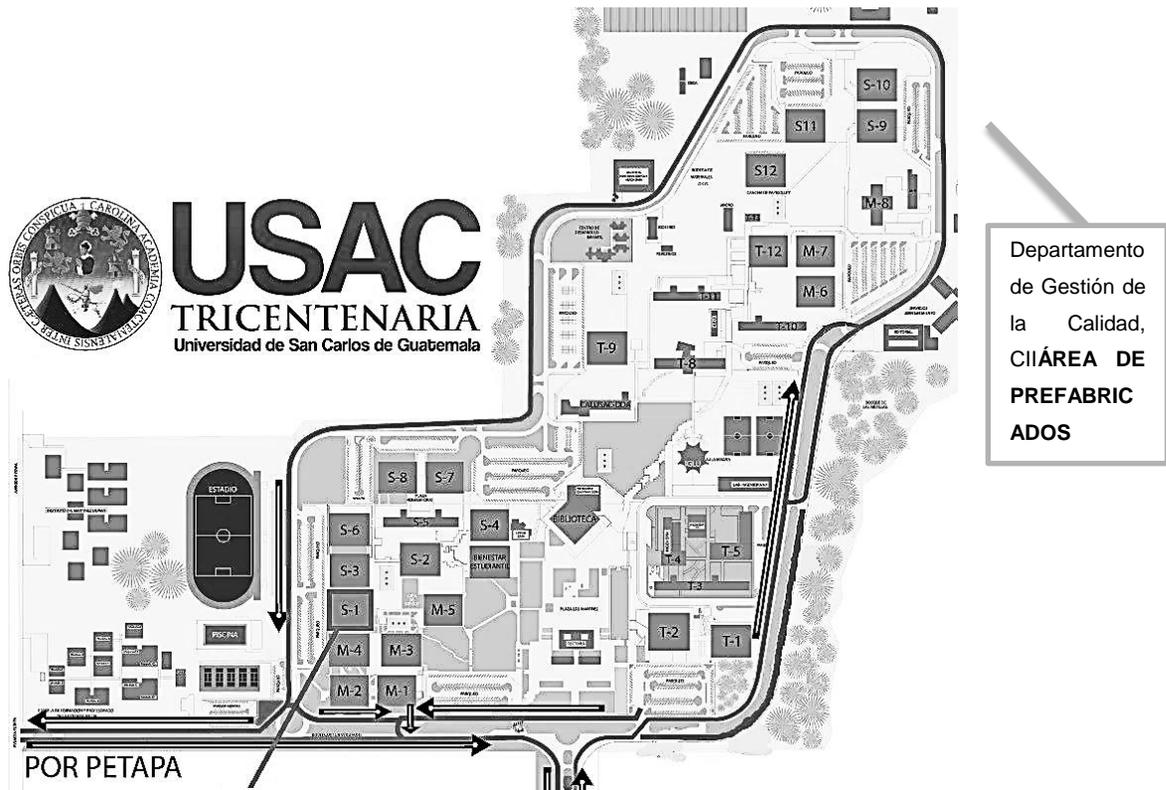
Área de trabajo para practicantes y estudiantes = $18,4 \text{ m}^2$

Figura 18. **Planta actual del Departamento de Gestión de la Calidad**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 19. **Plano de ubicación del Departamento de Gestión de Calidad, CII**



Fuente: *Croquis USAC*. <http://logisticacentroamericano2013.blogspot.com/2013/02/croquis-usac.html>. Consulta: 24 de septiembre de 2014.

2.2. Tamaño óptimo de planta

Para la instalación de la planta de producción de tejas de tetrabrik, se posee un terreno dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el área de prefabricados, Departamento de Gestión de la Calidad, el cual forma parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería. Dentro de este terreno se encuentra una pequeña planta diseñada para el uso de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

Se pretende instalar una planta de producción de tejas de tetrabrik, con el objetivo que los estudiantes de las carreras de Ingeniería asistan en los procesos productivos aplicando las técnicas de ingeniería y los conocimientos adquiridos en las materias del pensum de estudios previamente cursadas.

También, que dichos estudiantes tengan la opción de realizar sus prácticas o Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) dentro de la Universidad, contribuyendo a las actividades de producción, administración y comercialización de tejas de tetrabrik, por medio de un intercambio de conocimientos y experiencia. El Centro de Investigaciones de Ingeniería será la empresa productora de este innovador producto y los estudiantes serán los gestores para el desarrollo del proyecto.

Para determinar las dimensiones de la planta se tomó como base los datos y dimensiones de la maquinaria empleada en el proceso, los cuales se detallan en las siguientes tablas.

- Dimensiones del equipo

Tabla I. **Horno de convección forzada**

	Exterior	Interior
Alto	32 " (81,28 cm)	22" (55,88 cm)
Fondo	16" (40,64 cm)	12" (30,48 cm)
Ancho	28.5" (72,39 cm)	24,5"

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Balanza digital**

Alto	10 cm
Largo	31,3 cm
Ancho	20,6 cm

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Molino *crusher***

Alto	1,25 m
Largo	1,10 m
Ancho	0,66 m

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Prensa neumática**

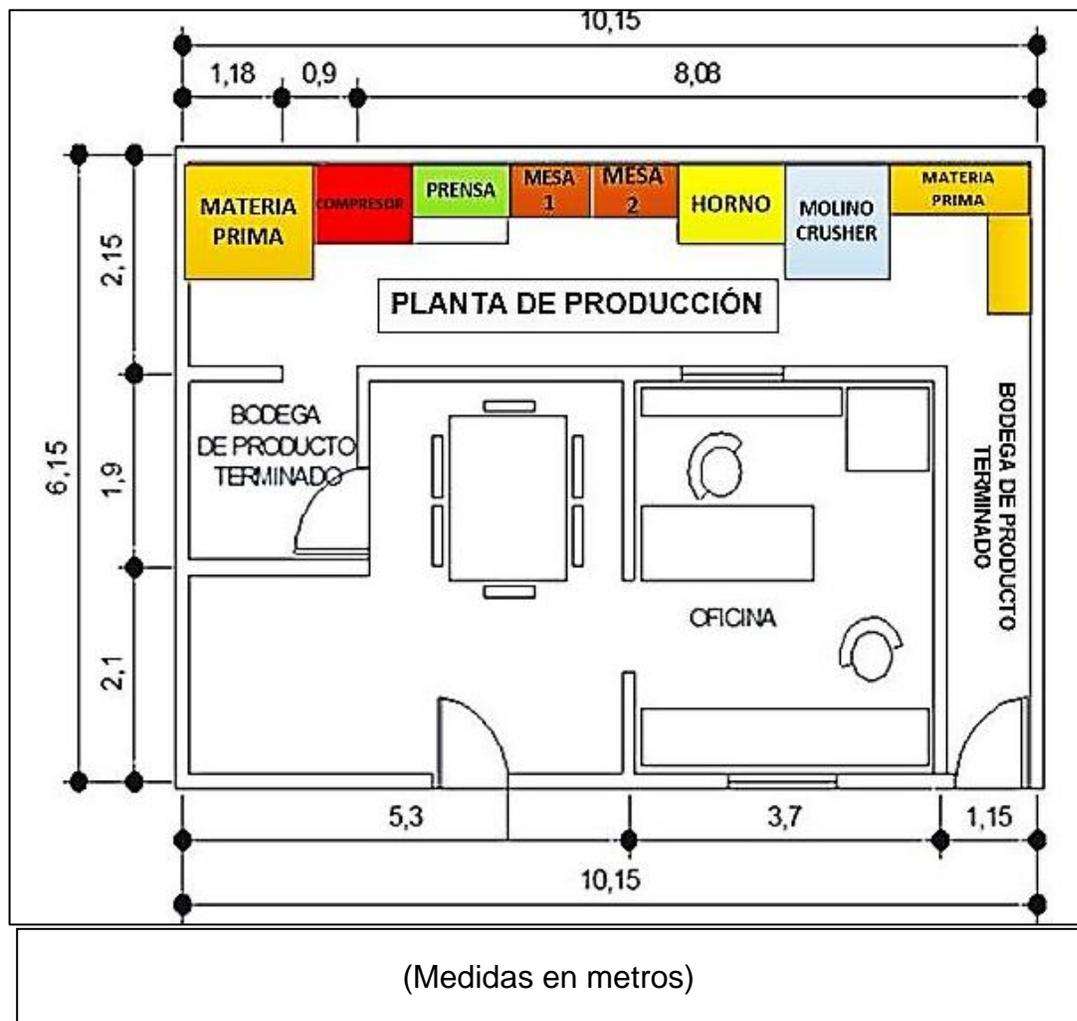
Alto	1,90 m
Largo	0,88 m
Ancho	0,77 m

Fuente: elaboración propia.

- Distribución física del equipo

A continuación se presenta la figura de distribución del equipo en planta.

Figura 20. **Distribución del equipo en planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.3. Descripción del producto

Con el fin de contribuir con una producción más limpia, reciclando los envases de tetrabrik, se ha considerado la realización de tejas utilizando dichos envases y sus componentes (aluminio y polietileno de baja densidad).

La característica más importante del nuevo producto es que contribuye a la conservación del ambiente a través de la reutilización de tetrabrik, el cual es un desecho sólido que, como se ha mencionado con anterioridad, toma 30 años en degradarse. El 75 % de su estructura es de cartón, el 20 % de polietileno de baja densidad y el 5 % de aluminio; lo que tarda más en degradarse es el aluminio, el cartón, si está al aire libre, desaparece en un tiempo estimado de menos de 1 año.

Por lo tanto, este trabajo pretende proyectar una conciencia de consumo de productos ecológicos para la conservación del ambiente. Se plantea utilizar los envases de tetrabrik como materia prima para la fabricación de tejas, dándoles impermeabilidad y dureza con las capas de aluminio y polietileno.

La teja se presenta en forma de teja plana, para facilitar su instalación debido a las limitaciones en la planta de producción, por la maquinaria utilizada y para la reducción del costo de producción.

Figura 21. **Prototipo de teja plana de tetrabrik**



Fuente: elaboración propia.

2.4. Materia prima

- Adquisición de materia prima
 - Envases de tetrabrik

Para la adquisición de envases posconsumo de tetrabrik, se realizará una colecta por parte de los estudiantes de ingeniería de diferentes cursos y de las personas involucradas en el proyecto. También se pretende recolectar dichos envases en los puntos de venta de comida rápida ubicados dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Café Gitano, & Café, entre otros).

Figura 22. **Tetrabrik**



Fuente: documentos Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 23. **Bodega de materia prima**



Fuente: documentos Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- **Poli-aluminio**

Es una mezcla de polietileno y aluminio que se obtiene de la capa interior de los envases de tetrabrik. Para obtener este material, se debe separar la capa de cartón del envase, esto se logra dejando en remojo los envases durante 24 horas. Posteriormente, se procede a la separación de las capas, dejando limpia la capa de poli-aluminio.

Figura 24. **Poli-aluminio**



Fuente: documentos Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- **Talco industrial**

Es un mineral utilizado para evitar que la materia prima empleada en el proceso fabricación de tejas se pegue al molde. El proveedor es Quimprova, Químicos y Productos Varios, ubicada en 6ª. avenida 22-47 zona 12 y su página web es www.quimprova.com

Figura 25. **Talco industrial**



Fuente: documentos Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Aceite mineral

Es un aceite transparente con una densidad de aproximadamente $0,8 \text{ g/cm}^3$, se utiliza para lubricar el molde y evitar que la materia prima se quede pegada a él. El proveedor es Quimprova, Químicos y Productos varios, está ubicado en 6ª. avenida 22-47 zona 12 y su página web es www.quimprova.com

Figura 26. **Aceite mineral**



Fuente: documentos Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

2.5. **Mano de obra**

- Ingeniero Oswin Antonio Melgar Hernández, director técnico y coordinador del sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Usac.
- Estudiantes que realizan su trabajo de graduación en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, Departamento de Gestión de la Calidad: encargados de la investigación en el proceso productivo de tejas, así como de presentar informes al ingeniero coordinador del proyecto, registros y documentos para posteriores investigaciones.

- Estudiantes de prácticas finales, quienes serán apoyo durante la investigación y proceso productivo.
- Operario: persona encargada de la fabricación de tejas, quien deberá cumplir con los requisitos necesarios para laborar en un horario de trabajo, jornada diurna.

2.6. Maquinaria y equipo

A continuación se presentan las fichas técnicas de la maquinaria actual, utilizada para la realización de prototipos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII.

Figura 27. Ficha técnica de prensa neumática

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	
FICHA TECNICA No. 1	
NOMBRE: PRENSA NEUMÁTICA AREA: SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UBICACIÓN: AREA DE PREFABRICADOS	REGISTRO: FOD 54 2012 002A4376
CARACTERISTICAS	
Marca: MEGA Modelo: KCK-50 No. Serie: _____	Proveedor: SOLARSA S.A. Dirección: 3 avenida 5-05 zona 9 Teléfono: 2360-2035 / 2360-3701
Funcionamiento: NEUMÁTICO Y MANUAL Capacidad: 50 toneladas Peso: 229 kg. Corriente: _____	Frecuencia: _____ Temperatura: _____ Presión: _____ Voltaje: _____
Dimensiones: Alto: 1.90 m Largo: 88 cm Ancho: 77 cm	Accesorios: 2 APOYOS EN V CON GUIA DE SUJECION Y ORIFICIO DE EXTRACCION
FUNCION	
DISEÑADO PARA LLEVAR A CABO ENSAYOS DE COMPRESION HASTA UN MAXIMO DE 50 TONELADAS.	
OBSERVACIONES	
DIFERENTES OPCIONES DE BOMBAS MANUALES DE UNA O DOS VELOCIDADES MANUAL-NEUMÁTICAS O ELECTRICAS EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DE TRABAJO REQUERIDA. MESA DE TRABAJO AJUSTABLE EN DISTINTAS ALTURAS.	
	

Fuente: documentos Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 28. Ficha técnica del horno de convección forzada

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	
FICHA TÉCNICA No. 2	
NOMBRE: <u>HORNO DIGITAL DE CONVECCIÓN FORZADA</u>	REGISTRO: FOD 54 2012 002A436A
AREA: <u>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</u>	
UBICACIÓN: <u>AREA DE PREFABRICADOS</u>	
CARACTERISTICAS	
Marca: <u>SERPROMA</u>	Proveedor: <u>SERPROMA</u>
Modelo: <u>FS-3</u>	Dirección: <u>6ta. Av. 19-65 zona 11, Mariscal</u>
No. Serie: _____	Teléfono: <u>55258116 - 24733175</u>
Funcionamiento: <u>ELÉCTRICO</u>	Frecuencia: <u>50/60 Hz</u>
Potencia: <u>1600 W</u>	Temperatura: <u>RANGO 45 - 220 °C</u>
Capacidad: <u>3.8 pies cúbicos</u>	Tiempo de recuperación de temperatura: <u>30 min.</u>
Corriente: <u>18 A</u>	Voltaje: <u>110 VAC</u>
Dimensiones: Exterior: Interior: Accesorios:	
Alto: <u>32 plg.</u> <u>22 plg.</u> <u>2 PARRILLAS</u>	
Fondo: <u>16 plg.</u> <u>12 plg.</u>	
Ancho: <u>28.5 plg.</u> <u>24.5 plg.</u>	
FUNCION	
UTILIZADO PARA EL PROCESO DE CALENTAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIA PRIMA	
OBSERVACIONES	



Fuente: documentos, Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 29. Ficha técnica de la sierra de cinta

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	
FICHA TÉCNICA No. 3	
NOMBRE: SIERRA DE CINTA	REGISTRO: FOD 54 2012
AREA: SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	
UBICACIÓN: AREA DE PREFABRICADOS	
CARACTERÍSTICAS	
Marca: SCHEPPACH	Proveedor: PRODUCTOS DEL AIRE
Modelo: 14" BAND SAW M90141	Dirección: 41 calle 6-27 zona 8
No. Serie: 51300039	Teléfono: 2421-0400 ext. 346
Funcionamiento: ELÉCTRICO	Frecuencia: 60 Hz
Potencia: 1 Hp	Ancho de hoja: 3/4 plg.
Corriente: 9,5 A	Espesor de hoja: 0,020 In
Voltaje: 120 V	
Dimensiones:	Accesorios:
Alto: 1.70 m	PUSH STICK
Largo: 58 cm	ACCESORIO PARA CORTES
Ancho: 44 cm	DE ANGULO
FUNCION	
DISEÑO PARA LLEVAR A CABO PROCESOS DE CORTE.	
OBSERVACIONES	
SE UTILIZA PARA DAR FORMA A LAS PIEZAS DESEADAS AL HACER UN PRODUCTO TERMINADO	



Fuente: documentos, Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 30. Ficha técnica del compresor de aire

chivos desde cualquier dispositivo.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

FICHA TÉCNICA No. 4

NOMBRE: <u>COMPRESOR DE AIRE</u> AREA: <u>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</u> UBICACION: <u>AREA DE PREFABRICADOS</u>	REGISTRO: FOD 54 2012 002DC412
--	--

CARACTERÍSTICAS

Marca: <u>BLACK BULL TOOLS</u> Modelo: <u>CYCLONE</u> No. Serie: _____	Proveedor: <u>DISTRIBUIDORA INDUSTRIAL</u> Dirección: <u>6a. Calle 0-69 zona 9 ó Av. Castellana 9-15 zona 9</u> Teléfono: <u>2334-6531 2334-6537 2334-4870 2360-4365</u>
Funcionamiento: <u>ELÉCTRICO</u> Potencia: <u>3 HP</u> Presión: <u>115 PSI</u> Corriente: <u>20 A</u>	Frecuencia: <u>60 Hz</u> Voltaje: <u>110 V</u> Rotación de faja: <u>1400 RPM</u>

Dimensiones: Alto: <u>1.12 m.</u> Largo: <u>64 cm.</u> Ancho: <u>60 cm.</u>	Accesorios: <u>MANGUERA</u> <u>FILTRO DE AIRE</u>
---	--

FUNCION

ALIMENTA A LA PRENSA HIDRAULICA DE AIRE COMPRIMIDO O A OTRO EQUIPO ADAPTABLE

OBSERVACIONES

CAUDAL DE AIRE:	<u>5.2 CFM A 40 PSI</u>
	<u>6.3 CFM A 90 PSI</u>
	<u>8.7 CFM desalajo</u>

Fuente: documentos, Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 31. Ficha técnica de la balanza digital

ispositivo.


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA


FICHA TÉCNICA No. 5

NOMBRE: <u>BALANZA DE PRECISIÓN</u> AREA: <u>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</u> UBICACIÓN: <u>AREA DE PREFABRICADOS</u>	REGISTRO: FOD 54 2012 00295209
---	--

CARACTERÍSTICAS

Marca: <u>RADWAG</u> Modelo: <u>PS 6000-C-1</u> No. Serie: _____	Proveedor: <u>PROQUIMICA</u> Dirección: <u>4 avenida 15-70 zona 10 Paladium Oficina 4E</u> Teléfono: <u>2366-4270 /71</u>
Funcionamiento: <u>ELECTRICO</u> Potencia: <u>110 V</u> Capacidad: <u>100 g / 1mg / 6000 g / 10mg</u> Corriente: <u>13.5 + 16 VC</u>	Frecuencia: _____ Temperatura: _____ Voltaje: _____ Peso: _____

Dimensiones:	Accesorios:
Alto <u>10 cm.</u>	_____
Largo <u>32 cm.</u>	_____
Ancho <u>21 cm.</u>	_____

FUNCION

BALANZAS DE PRECISIÓN PS/C.
 UTILIZADA PARA MEDIR LAS MUESTRAS A PROCESAR DE MATERIA PRIMA YA SEA TRITURADO O ENTERO

OBSERVACIONES

RANGO DE 0 A 6000 g CON RESOLUCION DE 0.01 g
 PLATAFORMA DE ACERO 195 X 195 mm



Fuente: documentos, Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 32. Ficha técnica del molino (*crusher*) para plásticos

Archivos desde cualquier dispositivo.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

FICHA TÉCNICA No. 6

NOMBRE: MOLINO (CRUSHER) PARA PLÁSTICOS AREA: SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UBICACIÓN: AREA DE PREFABRICADOS	REGISTRO: FOD 54 2012 0029882E
---	-----------------------------------

CARACTERÍSTICAS

Marca: UNIVERSAL Modelo: FS-3 No. Serie: JBT10391-2002	Proveedor: UNIVERSAL Dirección: Anillo Periférico 4-15 zona 2 Teléfono: 5525-8116 / 2473-3175
--	---

Funcionamiento: ELÉCTRICO (CONEXIÓN TRIFÁSICA) Potencia: 7.5 kW (10 Hp) Capacidad: Nominal Alimentación eléctrica: Trifásica, 220 V	Corriente: 26 A Salida de triturado: 150 kg/h (aprox.) Peso: 400 kg.
--	--

Dimensiones: Alto: 1.25 m Largo: 1.10 m Ancho: 66 cm	Accesorios:
---	-------------

FUNCION

DISEÑADO PARA LLEVAR A CABO PROCESOS DE TRITURADO DE MATERIA PRIMA

OBSERVACIONES

REQUIERE DE LIMPIEZA DIARIA DESPUES DE TRABAJARLO.



Fuente: documentos, Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

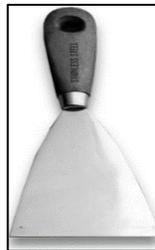
Los moldes se realizaron con *cold rolled*, un acero que eleva la dureza del material y se utiliza en trabajos que requieren resistencia a la tensión

Figura 33. **Molde**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 34. **Espátula industrial**



Fuente: Grupo Fhisa.

Figura 35. **Gafas industriales**



Fuente: *Gafas de seguridad*. www.yokointernacional.com. Consulta: 25 de septiembre 2014.

Figura 36. **Guantes industriales**



Fuente: *Guantes industriales*. www.petroindustrialesveral.com. Consulta: 22 de agosto de 2014.

2.7. Definición del método de captación de los desechos de tetrabrik como materia prima

- Logística de adquisición de envases de tetrabrik como materia prima

Se lleva a cabo mediante la implementación de un programa de recaudación de envases de tetrabrik dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por parte de la Facultad de Ingeniería, específicamente de los colaboradores del Centro de Investigaciones de Ingeniería, unidad de Gestión de Calidad.

Tiene como objetivo reducir la inversión inicial del proyecto, por lo que no se va a recurrir a la compra de tetrabrik que venden las recicladoras a Q 0,25.

Por lo tanto, el plan de recaudación consiste en clasificar la basura dentro de las distintas facultades, colocando un basurero específico para envases de tetrabrik. Cada semana se seleccionará a un encargado del Departamento de Gestión de la Calidad del CII para que vaya a recoger los envases recaudados a las distintas facultades de la Usac.

Además, se pedirá colaboración a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería para que donen envases de tetrabrik y se deberá realizar un convenio con los locales de comida dentro de la universidad para obtener los envases de tetrabrik posconsumo.

- Lavado de cajas de tetrabrik para su posterior uso como materia prima base del nuevo producto

Una vez recaudada la materia prima, se procederá a lavar los envases de tetrabrik. Este procedimiento se realizará cada semana, para evitar la acumulación de materia prima sucia. Los envases serán lavados en una pila, se pondrán a secar, se cortarán y se aplanarán para que puedan ser almacenados en la bodega de materia prima.

Figura 37. **Lavado de cajas de tetrabrik 1**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 38. Lavado de cajas de tetrabrik 2



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Obtención de Poli-aluminio:

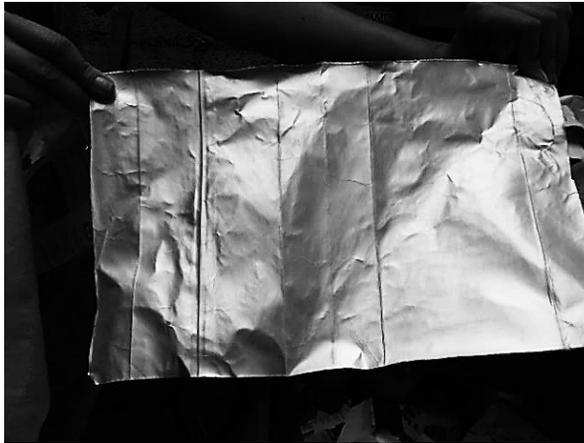
Para obtener la capa de poli-aluminio se tomarán las cajas aplanadas de tetrabrik y se separará la capa de cartón, luego se dejará en remojo el poli-aluminio por 24 horas para que se desprenda completamente la capa de cartón. Se procederá a limpiar con un cepillo de ropa, luego se deja secando.

Figura 39. **Separado de capas de cartón y polietileno en seco 1**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 40. **Separado de capas de cartón y polietileno en seco 2**

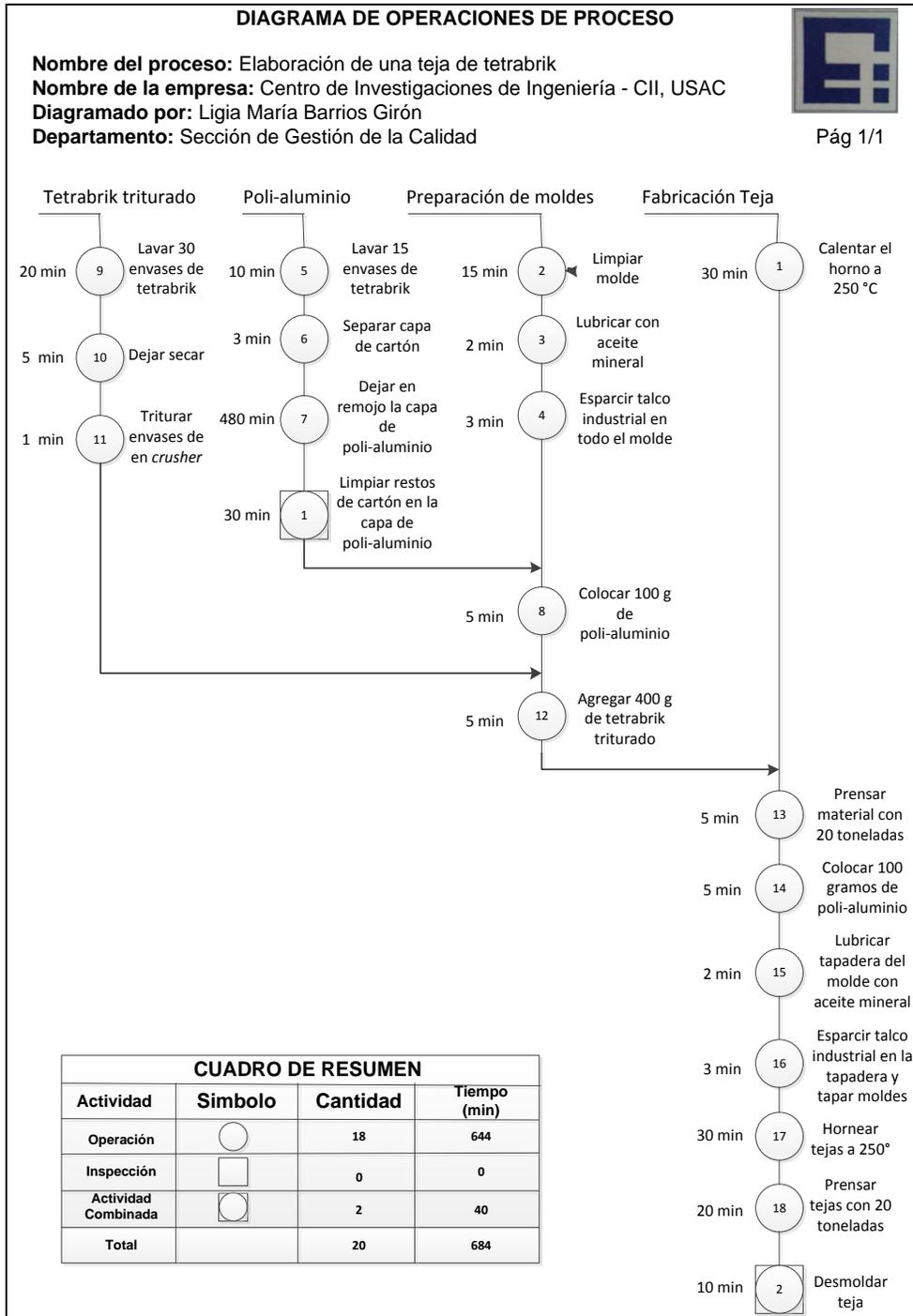


Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII

2.8. **Proceso**

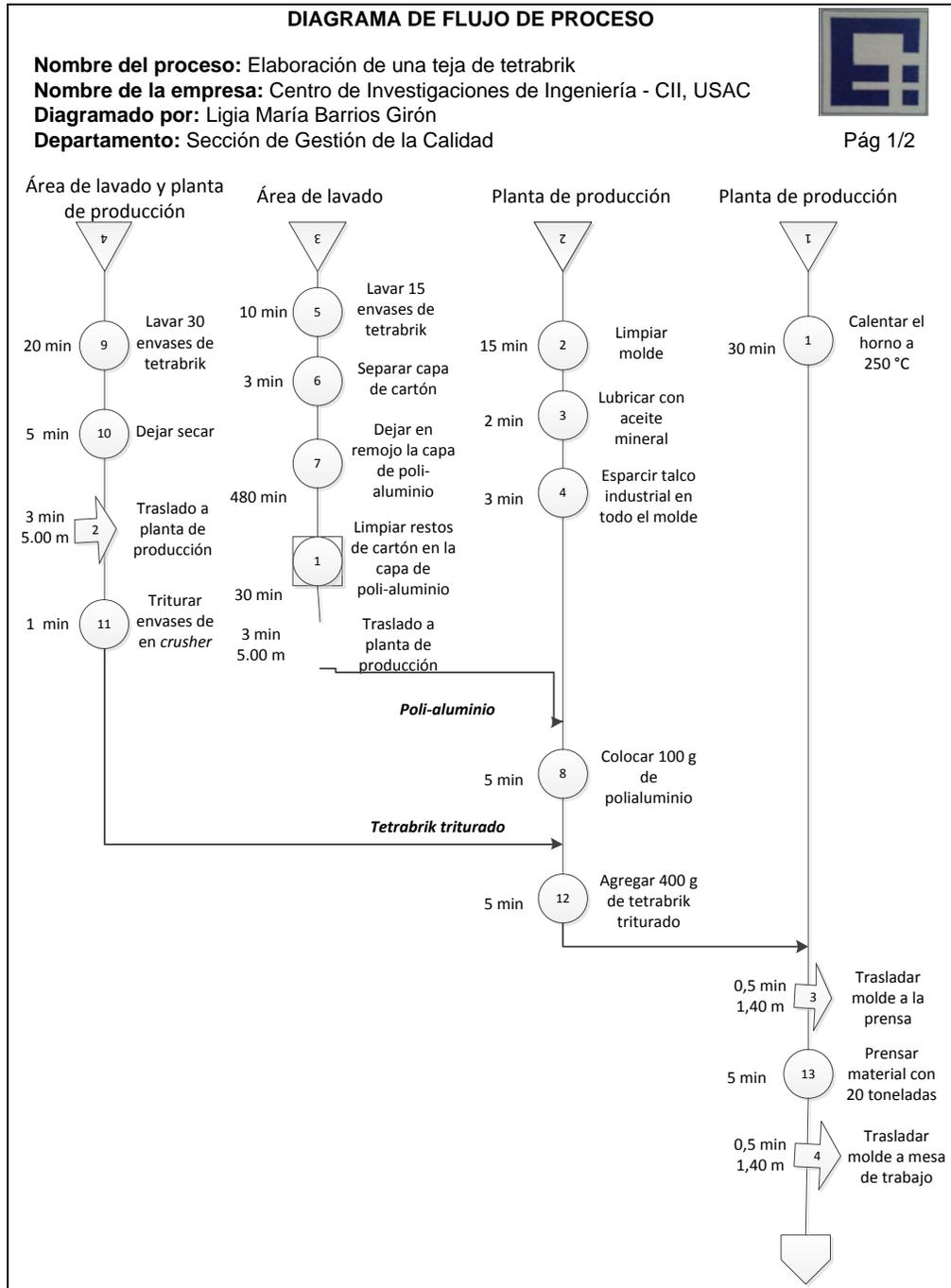
A continuación se presenta el diagrama de operaciones de proceso.

Figura 41. Diagrama de operaciones de proceso

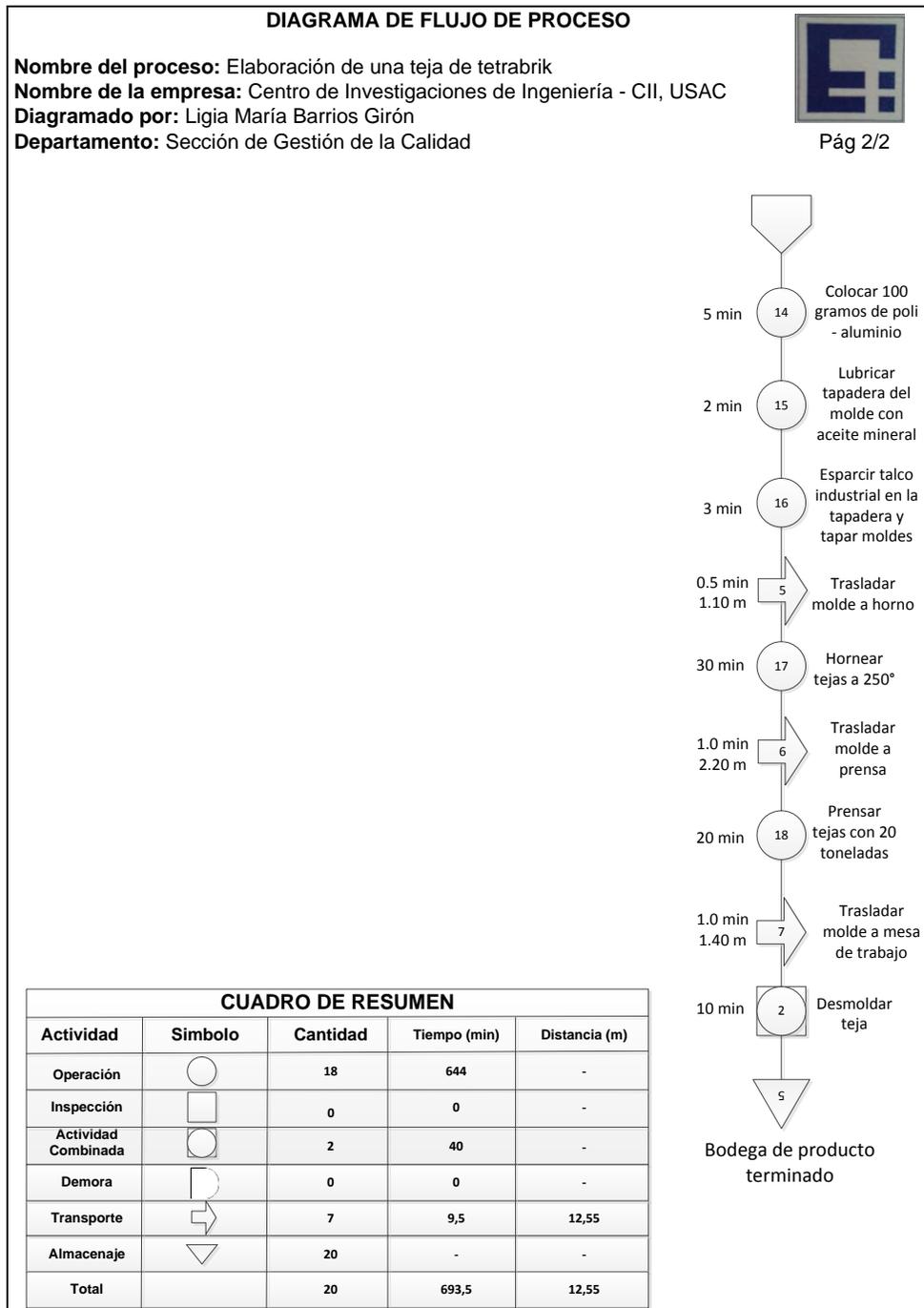


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 42. Diagrama de flujo de proceso



Continuación de la figura 42.



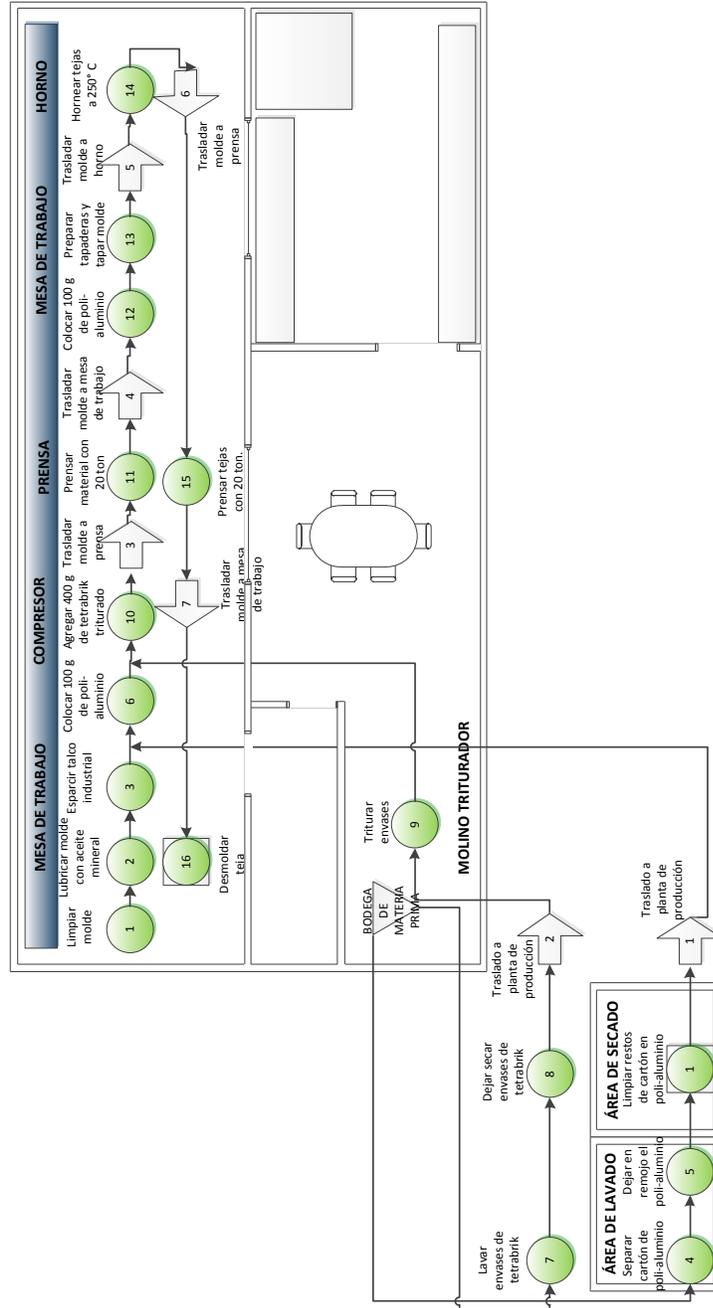
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.



Pág 1/1

DIAGRAMA DE RECORRIDO

Nombre del proceso: Elaboración de una teja de tetrabrik
Nombre de la empresa: Centro de Investigaciones de Ingeniería - CII, USAC
Diagramado por: Ligia María Barrios Girón
Departamento: Sección de Gestión de la Calidad



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 44. Diagrama hombre-máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA						
Operación: Fabricación de tejas de tetrabrik						
Nombre de la empresa: Centro de Investigaciones de Ingeniería - CII, USAC						
Diagramado por: Ligia María Barrios Girón						
Departamento: Sección de Gestión de la Calidad						
						
						Pág 1/2
No.	OPERADOR	TIEMPO EN MIN	HORNO	TIEMPO EN MIN	PRENSA HIDRÁULICA	TIEMPO EN MIN
1	Pesar material	15	Calentar Horno a 250° C	30		
2	Limpiar moldes (1,2 y 3)	15				
3	Preparar moldes 1, 2 y 3: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15	Honear tejas a 250° C (moldes 1, 2 y 3)	30	Prensar material con 20 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5
4	Cargar y descargar molde 1, 2 y 3 en prensa	5				
5	Colocar 100 g de poli-aluminio	5				
6	Preparar tapas de los moldes 1, 2 y 3 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	10				
7	Cargar y descargar moldes 1, 2 y 3 en prensa	5				
8	Pesar material	15				
9	Preparar moldes 4, 5 y 6: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15				
12	Carga de molde 1, 2 y 3 en prensa	2,5	Honear tejas a 250° C (moldes 4, 5 y 6)	30	Prensar material con 20 toneladas, moldes (1,2 y 3)	20
13	Preparar tapas de los moldes 4, 5 y 6 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	15				
14	Descargar molde 1, 2 y 3 de la prensa	2,5				
10	Cargar y descargar molde 4, 5 y 6 en prensa	5				
10	Colocar 100 g de poli-aluminio	5				
11	Carga y descarga de molde 4, 5 y 6 en prensa	5				
16	Desmoldar tejas de los moldes 1,2 y 3		Honear tejas a 250° C (moldes 4, 5 y 6)	30		
17	Limpiar moldes 1, 2, y3	15				
19	Colocar moldes 4, 5 y 6 en prensa	2,5				
18	Pesar material	15			Prensar material con 20 toneladas, moldes (4, 5 y 6)	20
21	Descargar molde 4, 5 y 6 de la prensa	2,5				
22	Desmoldar tejas de los moldes 4, 5 y 6	10				
20	Preparar moldes 1, 2 y 3: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15				
23	Carga y descarga de moldes 1, 2 y 3 en prensa	5			Prensar material con 20 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5

Continuación de la figura 44.

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA						
<p>Operación: Fabricación de tejas de tetrabrik Nombre de la empresa: Centro de Investigaciones de Ingeniería - CII, USAC Diagramado por: Ligia María Barrios Girón Departamento: Sección de Gestión de la Calidad</p>						
						
						Pág 2/2
No.	OPERADOR	TIEMPO EN MIN	HORNO	TIEMPO EN MIN	PRENSA HIDRÁULICA	TIEMPO EN MIN
24	Colocar 100 g de poli-aluminio	5	Honear tejas a 250° C (moldes 1, 2 y 3)	30	Prensar material con 15 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5
25	Colocar moldes 1, 2 y 3 en prensa, prensar y retirar molde de la prensa	5				
26	Preparar tapas de los moldes 1, 2 y 3 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	10				
27	Limpiar moldes 4, 5 y 6	15				
28	Pesar material	15				
29	Colocar moldes 1, 2 y 3 en prensa	2.5	Honear tejas a 250° C (moldes 4, 5 y 6)	30	Prensar material con 20 toneladas, moldes (1, 2 y 3)	20
30	Preparar moldes 4, 5 y 6: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15				
31	Descargar moldes 4, 5 y 6 de la prensa	2.5				
32	Carga y descarga de molde 4, 5 y 6 en prensa	5				
33	Colocar 100 g de poli-aluminio	5				
34	Carga y descarga de molde 4, 5 y 6 en prensa	5				
35	Preparar tapas de moldes 4, 5 y 6: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial	15				
36	Desmoldar tejas de los moldes 1, 2 y 3	15				
37	Limpiar moldes 1, 2, y 3	15				
38	Cargar molde 4, 5 y 6 en prensa	2.5				
39	Desmoldar tejas de los moldes 4, 5 y 6	15	Prensar material con 20 toneladas, moldes (4, 5 y 6)	20		
40	Descargar molde 4, 5 y 6 de la prensa	2.5				
41	Limpiar moldes 4, 5, y 6	15				

RESUMEN			
	Ciclo total	Tiempo de ocio	Utilización
HOMBRE	405 min	0 min	100%
MÁQUINA 1	140 min	265 min	35%
MÁQUINA 2	120 min	285 min	30%
Tiempo de ciclo:	405 min		

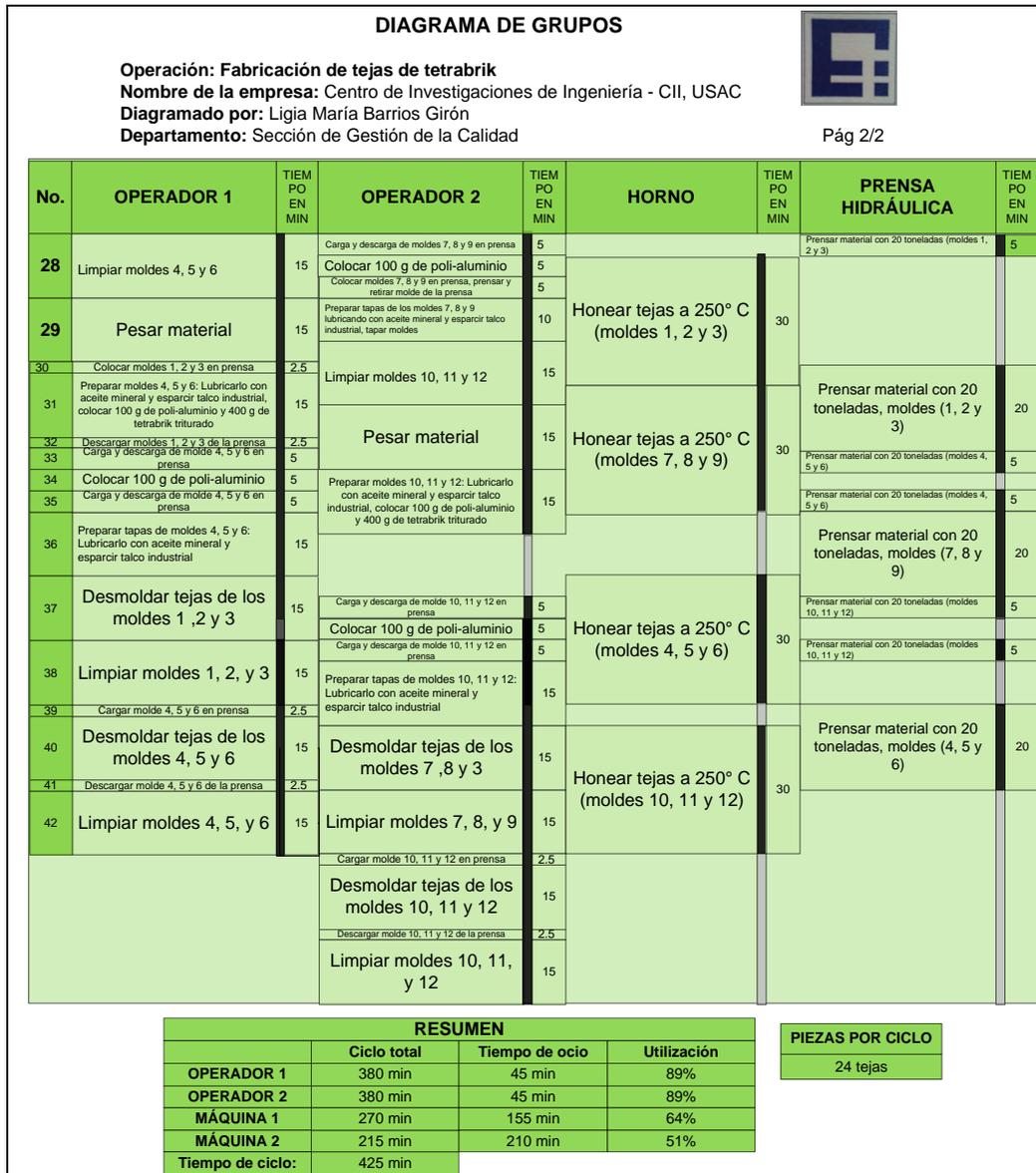
PIEZAS POR CCLO
12 tejas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 45. Diagrama de grupos

<p style="text-align: center;">DIAGRAMA DE GRUPOS</p> <p>Operación: Fabricación de tejas de tetrabrik Nombre de la empresa: Centro de Investigaciones de Ingeniería - CII, USAC Diagramado por: Ligia María Barrios Girón Departamento: Sección de Gestión de la Calidad</p> <div style="text-align: right;">  Pág 1/2 </div>								
No.	OPERADOR 1	TIEM PO EN MIN	OPERADOR 2	TIEM PO EN MIN	HORNO	TIEM PO EN MIN	PRENSA HIDRÁULICA	TIEM O EN MIN
1	Pesar material	15			Calentar Horno a 250° C	30		
2	Limpiar moldes (1,2 y 3)	15						
3	Preparar moldes 1, 2 y 3: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15	Pesar material	15				
4	Cargar y descargar molde 1, 2 y 3 en prensa	5	Limpiar moldes (7, 8 y 9)	15			Presar material con 20 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5
5	Colocar 100 g de poli-aluminio	5						
6	Preparar tapas de los moldes 1, 2 y 3 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	10						
7	Cargar y descargar moldes 1, 2 y 3 en prensa	5	Preparar moldes 7, 8 y 9: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15			Presar material con 15 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5
8	Pesar material	15	Cargar y descargar molde 7, 8 y 9 en prensa	5	Honear tejas a 250° C (moldes 1, 2 y 3)	30		
9	Preparar moldes 4, 5 y 6: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15	Colocar 100 g de poli-aluminio	5			Presar material con 20 toneladas (moldes 7, 8 y 9)	5
10	Carga de molde 1, 2 y 3 en prensa	2,5						
11	Preparar tapas de los moldes 4, 5 y 6 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	15	Pesar material	15	Honear tejas a 250° C (moldes 7, 8 y 9)	30	Presar material con 20 toneladas (moldes 1,2 y 3)	20
12	Descargar molde 1, 2 y 3 de la prensa	2,5	Preparar moldes 10, 11 y 12: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15			Presar material con 20 toneladas (moldes 4, 5 y 6)	5
13	Cargar y descargar molde 4, 5 y 6 en prensa	5						
14	Colocar 100 g de poli-aluminio	5	Carga de molde 7, 8 y 9 en prensa	2,5	Honear tejas a 250° C (moldes 4, 5 y 6)	30		
15	Carga y descarga de molde 4, 5 y 6 en prensa	5					Presar material con 15 toneladas (moldes 4, 5 y 6)	5
16	Desmoldar tejas de los moldes 1,2 y 3	15	Preparar tapas de los moldes 10, 11 y 12 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	15			Presar material con 20 toneladas, moldes (7, 8 y 9)	20
17	Limpiar moldes 1, 2, y3	15	Descargar molde 7, 8 y 9 de la prensa	2,5				
18			Cargar y descargar molde 7, 8 y 9 en prensa	5			Presar material con 20 toneladas (moldes 10, 11 y 12)	5
19	Colocar moldes 4, 5 y 6 en prensa	2,5	Colocar 100 g de poli-aluminio	5				
20	Pesar material	15	Carga y descarga de molde 7, 8 y 9 en prensa	5	Honear tejas a 250° C (moldes 10, 11 y 12)	30	Presar material con 15 toneladas (moldes 10, 11 y 12)	5
21	Descargar molde 4, 5 y 6 de la prensa	2,5	Desmoldar tejas de los moldes 7,8 y 9	15			Presar material con 20 toneladas, moldes (4, 5 y 6)	20
22	Desmoldar tejas de los moldes 4, 5 y 6	10	Limpiar moldes 7, 8, y 9	15				
23	Preparar moldes 1, 2 y 3: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15	Colocar moldes 10, 11 y 12 en prensa	2,5			Presar material con 20 toneladas, moldes (10, 11 y 12)	20
24			Pesar material	15				
25	Carga y descarga de moldes 1, 2 y 3 en prensa	5	Descargar molde 10, 11 y 12 de la prensa	2,5			Presar material con 20 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5
26	Colocar 100 g de poli-aluminio	5	Desmoldar tejas de los moldes 10, 11 y 12	10				
27	Colocar moldes 1, 2 y 3 en prensa, presar y retirar molde de la prensa	5						
28	Preparar tapas de los moldes 1, 2 y 3 lubricando con aceite mineral y esparcir talco industrial, tapar moldes	10	Preparar moldes 7, 8 y 9: Lubricarlo con aceite mineral y esparcir talco industrial, colocar 100 g de poli-aluminio y 400 g de tetrabrik triturado	15			Presar material con 15 toneladas (moldes 1, 2 y 3)	5

Continuación de la figura 45.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Nota: El diagrama hombre – máquina toma en cuenta a un operario manipulando dos máquinas (horno y prensa). El diagrama de grupos toma en cuenta dos operadores manipulando las mismas dos máquinas.

- Capacidad de la planta

La planta tiene una capacidad de producción de 12 tejas al día, si se cuenta con un operador. El operador trabajará en una jornada diurna de 7:30 a 16:30 de lunes a viernes y de 8:00 a 12:00 los sábados. Esto significa que se tendrá la capacidad de producir 240 tejas al mes. Los días sábados se llevará a cabo la limpieza de envases de tetrabrik y la separación de las capas.

Si se aumenta la mano de obra, con dos operadores, en una jornada diurna según las especificaciones anteriormente descritas, la capacidad de producción de la planta aumentará a 24 tejas al día, lo que significa 480 tejas por mes.

Se trabajará con una capacidad de producción de 480 tejas al mes, debido a que así se aprovecha mejor la utilización de la maquinaria y hay menos tiempo muerto en las máquinas.

2.9. Diseño de transformación de un nuevo material

- Preparación de horno: una vez encendido el horno eléctrico industrial se deberá anotar en la ficha técnica su temperatura inicial, con el fin de controlar el buen funcionamiento de la máquina, tomando en cuenta que el horno debe calentar a una temperatura de 250 °C.

Figura 46. **Control de temperatura del horno eléctrico industrial**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Preparación del molde: remover los residuos de aceite mineral y talco industrial que quedaron en el molde utilizando una espátula (en caso de que se haya trabajado antes en dicho molde). Aplicar una capa de aceite mineral sobre la superficie del molde utilizando una brocha. Aplicar talco industrial sobre la superficie del molde, esparcirlo bien, para evitar que se pegue la materia prima al molde. Por último, realizar lo mismo con la tapa del molde
- Colocación de pliegos base: se deberá colocar los pliegos base (poli-aluminio) según especificaciones indicadas en el diagrama de procesos, cubriendo todo el fondo y los bordes del molde.

Figura 47. **Colocación de pliegos base**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Pesado de materia prima: se debe pesar la cantidad de materia prima utilizada para cumplir con las especificaciones técnicas de la teja y lograr uniformidad.

Figura 48. **Pesar material**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Aplicación de materia prima (tetrabrik triturado) al molde: llenar el molde con la cantidad especificada en el diagrama de procesos de tetrabrik triturado.

Figura 49. **Aplicación de materia prima al molde**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Aplicación de capas de poli-aluminio: para finalizar con la preparación del molde, se colocan las capas de poli-aluminio, siguiendo las especificaciones descritas en el diagrama de procesos.
- Preparación de la tapa: aplicar una capa de aceite mineral sobre la superficie de la tapa con una brocha, aplicar talco.
- Compresión del material
 - Colocar la tapa sobre el molde preparado.
 - Colocar el molde con su tapa en la prensa hidráulica y aplicar una presión de 20 toneladas durante 2 minutos.
 - Liberar la presión, retirar el molde y llevarlo al horno.

Figura 50. **Compresión de material en la prensa hidráulica**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Verificar la temperatura óptima del horno: verificar que la temperatura del horno se encuentre en 250 °C.
- Horneado del producto: introducir el molde al horno y hornear por 30 minutos.
- Compresión final: sacar el molde del horno una vez cumplidos los 30 minutos, empleando los instrumentos de protección necesarios. Colocar de inmediato en la prensa hidráulica. Aplicar una presión final de 20 toneladas durante 20 minutos. Al terminar este tiempo, liberar la presión y trasladar el molde a la mesa de trabajo, dejar enfriar.
- Desmoldado: retirar el producto terminado del molde, empleando una espátula.

Figura 51. **Desmoldado**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 52. **Producto terminado**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

2.10. Caracterización fisicoquímica y mecánica del nuevo material elaborado

Se solicitó al Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayos de flexión, tensión, permeabilidad y compresión a las tejas elaboradas de tetrabrik con pliegos de cubierta de poli-aluminio.

- Resultados
 - Ensayo de flexión: se utilizaron 2 probetas para el ensayo, los resultados expuestos son promedios.

Tabla V. **Resultados: ensayo de flexión**

Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo ($\frac{kg}{cm^2}$)
29,74	22,34	1,184	46,26	54,33

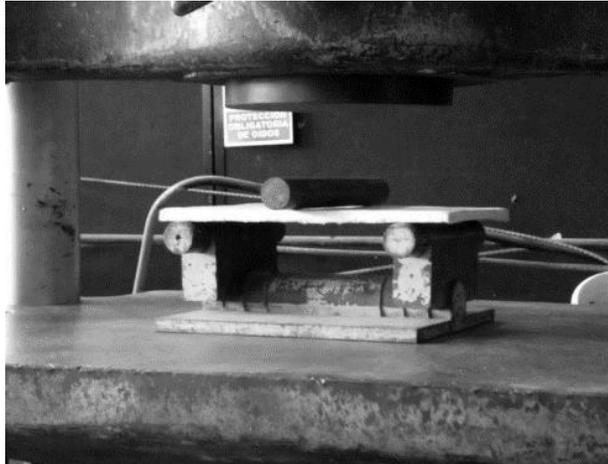
Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Probeta empleada para el ensayo de flexión**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 54. **Preparación del ensayo de flexión**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 55. **Resultados del ensayo de flexión**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Ensayo de compresión: se utilizaron 2 probetas para el ensayo, los resultados expuestos son promedios.

Tabla VI. **Resultados: ensayo de compresión**

Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo		
					$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	MPa	PSi
15,465	5,165	4,915	25,83	337,5	13,05	1,280	185,61

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Probetas para el ensayo de compresión**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

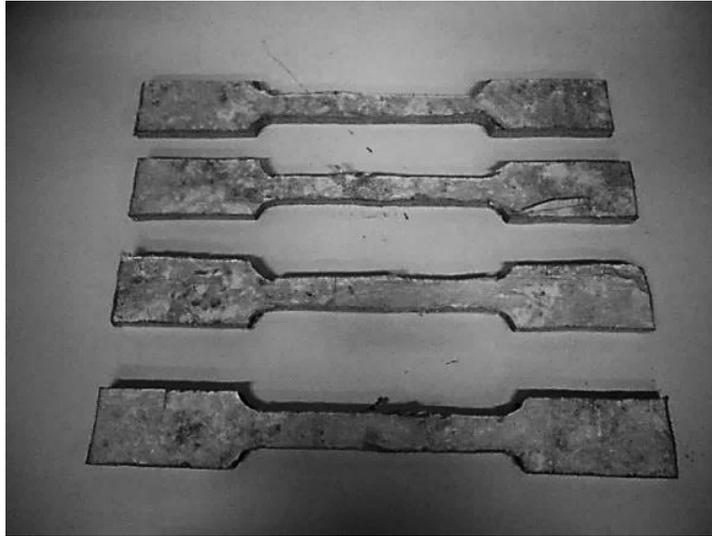
- Ensayo de tensión: se utilizaron 2 probetas para el ensayo, los resultados expuestos son promedios.

Tabla VII. **Resultados: ensayo de tensión**

Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo		
				$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	MPa	PSi
1,709	0,735	1,25	35,00	72,52	7,110	1031,32

Fuente: elaboración propia.

Figura 57. Probetas para el ensayo de tensión



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 58. Ensayo de tensión



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Figura 59. **Resultados del ensayo de tensión**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

- Prueba de permeabilidad

Tabla VIII. **Resultados: prueba de permeabilidad**

Permeabilidad a 2 metros columna de agua
72 horas = 0 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 60. **Ensayo de permeabilidad**



Fuente: Departamento de Gestión de la Calidad, CII.

Tabla IX. **Comparación de características de tejas de tetrabrik, tejas plásticas y tejas de barro**

Características	Teja de tetrabrik	Teja plástica	Teja de barro
Peso	518 gramos	678 gramos	1 589 gramos
Dimensiones	20 x 30 cm Grosor 1 cm	40 x 30 cm aproximadamente 0,7 cm de grosor	20 x 30 cm Grosor 2 cm
Resistencia a la compresión	13,05 $\frac{kg}{cm^2}$ adecuada resistencia	Adecuada resistencia a la compresión	3 a 5 $\frac{kg}{cm^2}$ Poca resistencia a la compresión
Resistencia a la tensión	72,52 $\frac{kg}{cm^2}$	Resistencia adecuada a la tensión	----
Permeabilidad	Absorción de agua en 72 horas 0 %	Retención de humedad 0 %	3 % a 5 % de su peso actúa en forma de agente impermeabilizante
Estructura	Solo para soporte de teja	Solo para soporte de teja	Necesita doble estructura
Transporte de tejas	Se pueden transportar gran cantidad de tejas por su peso liviano	Se puede transportar gran cantidad de tejas por su peso liviano	Se transportan pocas tejas por viaje debido a su peso
Mantenimiento	Aplicar pintura impermeabilizante	Requieren de selladores e impermeabilizantes	Lavar el techo dos veces al año Lijar y aplicar pintura acrílica resistente
Aislación térmica	El poli-aluminio (polietileno y aluminio) es un material de baja conductividad térmica, logrando mantener una temperatura constante en el interior	Aísla el calor y el frío. Acepta variaciones térmicas significativas	Buen aislante térmico No acepta variaciones térmicas significativas
Aislación acústica	Proveen una aislación acústica adecuada, de manera que el ruido exterior no afecta el interior	Buen aislante del ruido	Muy buen aislante del ruido
Esperanza de vida	40 años	50 años	50 a 75 años
Impacto ambiental	Se elabora con desperdicios industriales, reutilizándolos	Las tejas plásticas se elaboran con plásticos reciclados	Bajo, el barro es un material ecológico, el proceso de producción no requiere de consumo de energía
Resistencia a la humedad	Soporta ambientes húmedos y condiciones variables	No acumula humedad	Problemas con hongos y humedad
Mecanizado	Cortar, clavar	Cortar, clavar	---
Precio Unitario	Q 18,70	Menos de Q 6,00	Menos de Q 5,00

Fuente: elaboración propia, con datos de <http://www.mundodearquitectura.com/las-tejas-de-plastico-tejados-sin-mantenimiento.html>. Consulta: 14 de mayo de 2014.

- **Tejas de barro**

Las tejas de barro tienden a absorber la humedad del ambiente cuando el aire está saturado, de esta manera pierden su resistencia a los esfuerzos. La resistencia a la compresión de las tejas de barro es baja, de 3 a 5 kg/cm². Cuando el clima es seco se puede decir que los esfuerzos de tracción son nulos.

Además, controlan muy bien las variaciones de la temperatura en una habitación. El barro tiene la capacidad de absorber y expulsar la humedad cuando el ambiente interior de la vivienda lo necesita. Si se mezcla con fibra puede funcionar como aislante acústico y térmico, absorbe olores y no es atacado por fuego.

En su composición habitual, de 3 a 5 % de su peso en forma de agente impermeabilizante. El barro es un material ecológico, aunque últimamente está siendo sustituido por materiales industrializados como hormigón, cemento o plástico.

Figura 61. Teja plana de barro



Fuente: *Teja plana*. www.inmaco.com.gt. Consulta: 15 de mayo de 2014.

- Tejas plásticas

La mayoría de tejas plásticas están elaboradas con polietileno reciclado, la ventaja que tienen es que requieren poco mantenimiento, en comparación con las tejas de barro. Tienen una retención a la humedad de 0 %. Estas tejas tienen la ventaja de estar libres de acumulación de musgos y hongos por tener un material no poroso, se limpian con la lluvia.

Figura 62. **Teja plana de plástico**



Fuente: *Teja plana*.www.archiexpo.com. Consulta: 15 de mayo de 2014.

- Tejas de tetrabrik

El producto terminado consiste en tejas elaboradas con envases de tetrabrik posconsumo, las cuales pueden funcionar como un producto sustituto de las tejas de mayor demanda, como las tejas plásticas o las tejas de barro.

Para el aseguramiento de la calidad de este producto, es recomendable continuar con las pruebas y la fase experimental, además de realizar periódicamente pruebas para el análisis de las características físicas y mecánicas; las cuales pueden ser realizadas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ventajas:

- Construcción sólida
- Producto ecológico
- No incorpora productos tóxicos ni peligrosos
- Puede ser aserrado y clavado

Figura 63. **Instalación de la teja de tetrabrik**



Fuente: *Instalación*. xingyeshate.en.alibaba.com. Consulta: 20 de mayo de 2014.

Tabla X. **Insumos utilizados por teja elaborada**

INSUMO	CANTIDAD	COSTO
Aceite mineral	75 ml	Q 1,20
Talco industrial	2 onzas	Q 0,20
Envases de tetrabrik	45 unidades	---
Energía eléctrica	1,47 Kw	Q 1,82
Agua	28,66 litros	Q 0,035
Total:		Q 3,255

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Insumos utilizados al mes, tendiendo una capacidad de producción en planta de 240 tejas**

INSUMO	CANTIDAD
Aceite mineral	18 000 ml
Talco industrial	480 onzas
Envases de tetrabrik	11 760 unidades
Energía eléctrica	740,8 kW
Agua	8,4 m ³

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Insumos utilizados al mes, tendiendo una capacidad de producción en planta de 480 tejas**

INSUMO	CANTIDAD
Aceite mineral	36 000 ml
Talco industrial	960 onzas
Envases de tetrabrik	23 520 unidades
Energía eléctrica	740,8 Kw
Agua	15,3 m ³

Fuente: elaboración propia.

Figura 64. **Teja plana de tetrabrik**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO - LEGAL

3.1. Empresa

El Departamento de Gestión de la Calidad es la encargada de velar por que se cumplan las normas y se asegure la calidad en los procesos y ensayos que se llevan a cabo en Centro de Investigaciones de Ingeniería. Se encuentra a cargo de la innovación y desarrollo de la industria, la seguridad industrial y los diferentes diplomados que se imparten por parte del CII, tanto al personal como a personas particulares. Presta servicio al estudiante de la Facultad de Ingeniería, realizando proyectos de trabajos de graduación, prácticas laborales y Ejercicio Profesional Supervisado, proponiendo y ejecutando proyectos de beneficio general basados en investigación y desarrollo de ideas novedosas.

3.1.1. Nombre y razón social

- Nombre

Departamento de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.1.2. Logotipo

A continuación se presenta el logotipo a utilizar.

Figura 65. **Logotipo**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII.

3.1.3. **Eslogan**

“TejaBrik un techo ecológico para tu país”

3.1.4. **Misión**

Departamento formado por estudiantes de ingeniería, quienes se dedican a la experimentación e investigación de productos innovadores que estén orientados a responder a las necesidades poblacionales y contribuirá a la conservación del medio ambiente, mediante la reutilización de desechos sólidos y el uso limitado de los recursos naturales.

3.1.5. Visión

Ser la primera empresa en Guatemala dedicada a la fabricación y comercialización de tejas de tetrabrik y láminas de poli-aluminio, generando valor y crecimiento constante mediante la propuesta de un producto ecológico y funcional.

3.1.6. Valores

- Compromiso con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.
- Innovar el desarrollo de nuevos productos ecológicos.
- Fabricar productos con excelente calidad a precios competitivos.
- Mantener un equipo de trabajo altamente capacitado.
- Puntualidad con los pedidos solicitados.

3.1.7. Estrategias empresariales

- Estrategia de producto

Fabricar productos ecológicos, funcionales e innovadores.

Un proyecto que requiere de mucha investigación y experimentación para reducir el riesgo ambiental en el que incurren las industrias de la actualidad.

- Estrategia de marca

Un producto ecológico que reutiliza los desechos sólidos para la fabricación de tejas.

Este proyecto se caracteriza por su colaboración al ambiente, mediante el reciclaje de desechos sólidos (envases de tetrabrik) para la fabricación de tejas.

- Estrategia de penetración de mercado

Llegar cada día a más consumidores, logrando la conservación del medio ambiente.

La ventaja competitiva más importante de este proyecto es la conservación del medio ambiente, ya que está comprometido con la gestión ambiental en la fabricación del producto, mediante la producción más limpia, haciendo un uso eficiente de la materia prima, agua y energía.

- Estrategia de gestión de talento

Impulsar el desarrollo del estudiante.

Los gestores y colaboradores del proyecto serán los estudiantes de ingeniería, quienes pondrán en práctica sus conocimientos y habilidades adquiridas para el desarrollo y crecimiento del proyecto.

- Estrategias a largo plazo

La producción de tejas elaboradas a base de tetrabrik es un proyecto que se contempla inicialmente a nivel de prototipo, mediante el cual, el estudiante de ingeniería, con apoyo de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, podrá llevar a cabo sus prácticas finales o Ejercicio Profesional Supervisado, aportando sus conocimientos para el crecimiento del proyecto. Las ganancias obtenidas con la venta de las tejas

serán empleadas para la compra de insumos y el mantenimiento de la planta y de las máquinas.

Se espera que a medida que el proyecto avance, el producto logre su crecimiento y se posicione en el mercado de manera estable, mediante la innovación continua y el control de calidad.

La implementación del proyecto será llevada a cabo por los estudiantes de ingeniería, quienes formen parte del proyecto deberán realizar mejoras continuas e innovar el producto, analizando sus características físicas, químicas y mecánicas mediante ensayos, manteniendo la calidad del producto con el objetivo de buscar el crecimiento del proyecto.

Todos los estudiantes de ingeniería pueden formar parte del proyecto, debido a que abarca aspectos técnicos que los profesionales de la ingeniería pueden abordar, tales como maquinaria, control de calidad, mantenimiento, administración, procesos, instalaciones eléctricas, aspectos ambientales, sistemas de gestión, entre otros.

- Productos a ofrecer

Tomando en cuenta la capacidad de la planta y el diseño de las máquinas, inicialmente el producto principal es la teja de tetrabrik, la cual tiene unas dimensiones de 20 cm de ancho, 30 cm de largo y 1 cm de espesor. Se espera poder fabricar láminas elaboradas con poli – aluminio, así como la venta de paneles de tetrabrik para la construcción de mobiliario.

- Demandas del mercado a satisfacer

La investigación de mercado para identificar la aceptación de la teja fue realizada en la colonia Los Olivos, zona 18, encuestando a la clase media, debido a que el costo de la teja de tetrabrik está por encima del precio de la competencia, lo que hace imposible ofrecer este producto a la clase baja. Se espera aumentar la capacidad de producción de la planta para reducir los costos, de manera que las tejas o láminas elaboradas con tetrabrik y poli-aluminio puedan ser ofrecidas a la población de escasos recursos.

- Tecnología a utilizar

Dependiendo del avance del proyecto y la aceptación de los productos a ofrecer en el mercado, la maquinaria deberá aumentarse o cambiarse, según el crecimiento de la demanda.

Es recomendable adquirir una prensa hidráulica para vulcanizado, la cual reduce dos operaciones en una (hornear y prensar), debido a que dicha prensa posee dos platos calentados eléctricamente y se acciona por un equipo hidráulico que genera presión.

Se plantea la necesidad de adquirir esta prensa para vulcanizado únicamente si la demanda de tejas y láminas aumenta, de esta manera se reduce el tiempo de producción por unidad y se aumenta la capacidad de producción.

Figura 66. **Prensa hidráulica para vulcanizado**

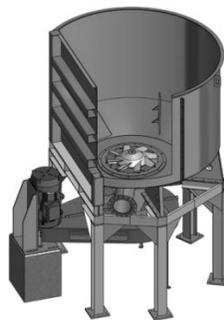


Fuente: *Prensa hidráulica*. maquincaucho.webcindario.com/prensas.htm.

Consulta: 23 de abril de 2015.

También se espera adquirir un *hidropulper*, una máquina que consiste en un tanque de agua que se hace girar, dentro del cual los envases de tetrabrik son sumergidos. Esto facilita el separado de las capas de tetrabrik y reduce el tiempo de procesamiento de la materia prima.

Figura 67. ***Hidropulper***



Fuente: *Hidropulper*. www.mtrmartco.com. Consulta: 26 de abril de 2015.

- Método de ventas a utilizar

Los pronósticos de ventas se basarán en estudios de mercado realizados por los colaboradores del proyecto. Se deberán hacer varios estudios para estimar la demanda de tejas o láminas en varias áreas del país, tomando en cuenta la población del sector socioeconómico medio y bajo.

- Forma de distribución a utilizar

El comercio de los productos será llevado a cabo por medio de la venta de tejas y láminas a las ferreterías cercanas a la población meta, así como directamente con el consumidor.

3.2. Recursos humanos

- Las personas involucradas en este trabajo serán:
 - Ingeniero encargado del proyecto.
 - Auxiliar de laboratorio.
 - Estudiantes de ingeniería realizando su práctica final.
 - Estudiantes de ingeniería realizando su Ejercicio Profesional Supervisado.
- Jornada laboral

La jornada laboral es el número de horas obligatorias que el trabajador tiene que cubrir en un plazo determinado. Los trabajadores, practicantes y estudiantes de EPS que laboren en el Departamento de Gestión de la Calidad deberán cumplir con un trabajo efectivo diurno de 8 horas diarias y 44 horas

semanales. El auxiliar de laboratorio encargado de la fabricación de tejas será contratado únicamente por 5 horas diarias. Para cumplir con la demanda de tejas se necesitan dos operarios que trabajen 8 horas diarias, por lo que los practicantes y estudiantes de EPS deberán trabajar por turnos para cumplir con la fabricación esperada de tejas (480 tejas al mes).

- Horario de trabajo

El horario de trabajo en el Departamento de Gestión de la Calidad es de lunes a viernes de 7:00 a 16:00 y sábado de 8:00 a 12:00. El auxiliar de laboratorio tendrá un horario de 8:00 a 13:00 horas.

- Prestaciones laborales

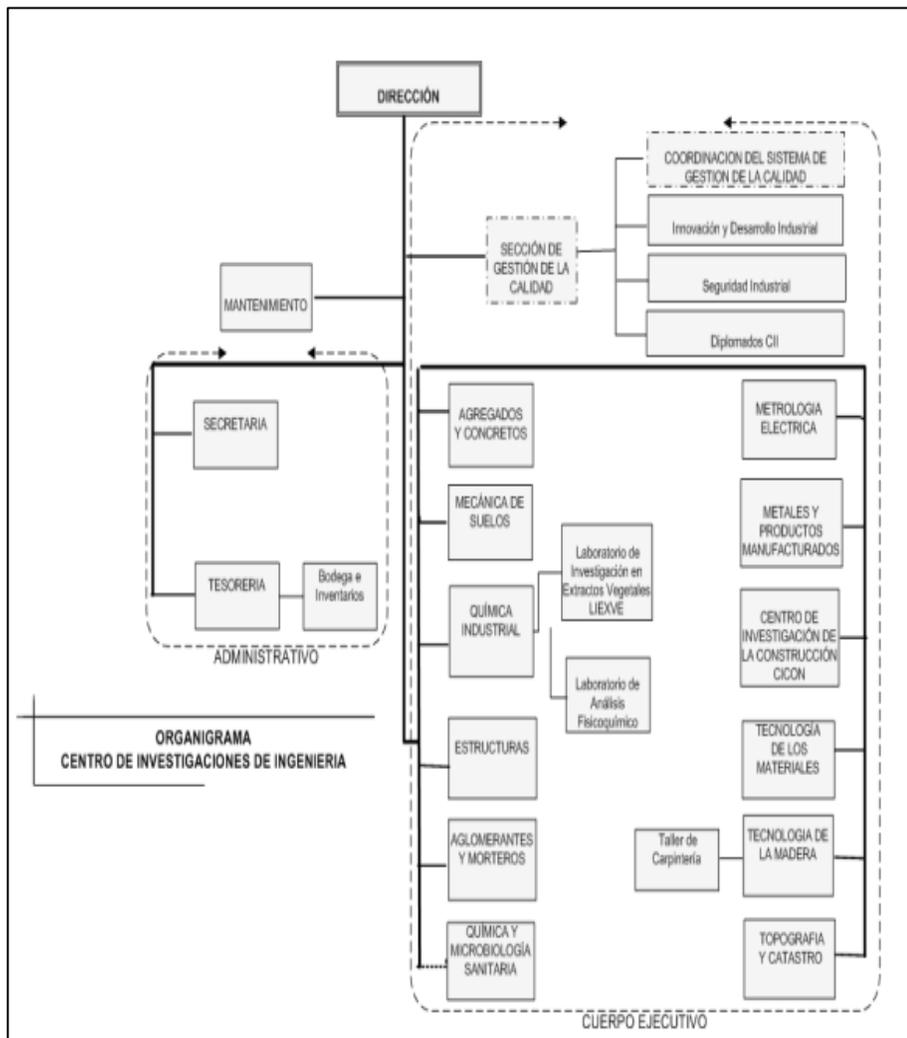
Se contratará un auxiliar de laboratorio por 5 horas diarias para la fabricación de tejas, al cual se le pagará Q 3 250,00 al mes. El auxiliar de laboratorio tendrá derecho a las siguientes prestaciones laborales:

- Aguinaldo
- Bono 14
- Bonificación decreto
- IGSS
- Indemnización por tiempo de servicio

3.2.1. Organigrama

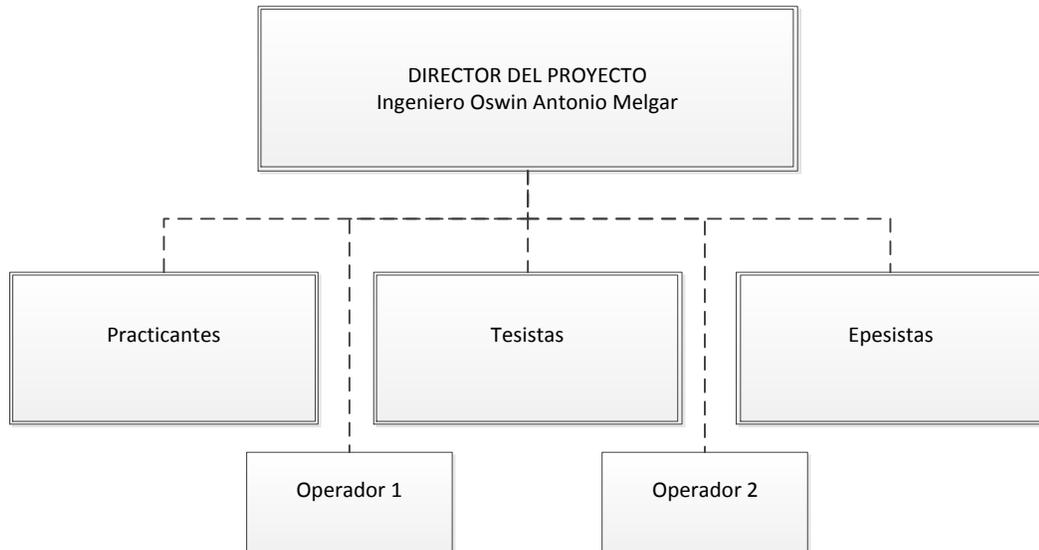
A continuación se muestra el organigrama general del CII.

Figura 68. Organigrama general del CII



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 69. **Organigrama del Departamento de Gestión de la Calidad**



Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el Departamento de Gestión de la Calidad.

A continuación se describen los puestos:

- Director del proyecto

Es el responsable del proyecto, el encargado de hacer las gestiones administrativas, como adquisición de materia prima y asignación de responsabilidades a los miembros del Departamento de Gestión de la Calidad. Está a cargo y cumple con el asesoramiento de los practicantes y estudiantes de ingeniería que realizan su trabajo de graduación o Ejercicio Profesional Supervisado. Aprueba los proyectos y trabajos de graduación que elaboran los estudiantes de ingeniería y administra los recursos para la implementación de dichos proyectos. Realiza informes y lleva un registro de las actividades que se realizan en el Departamento de Gestión de la Calidad.

- Practicantes

La función de los practicantes de ingeniería consiste en la implementación de mejoras al proyecto de fabricación de tejas y otros proyectos planteados por los estudiantes de ingeniería que realizaron su trabajo de graduación en el Departamento. Contribuyen al avance del proyecto de manera experimental, ayudan en el proceso de producción de tejas recibiendo la materia prima, limpiándola y procesándola, además, trabajan en la innovación de productos. También deberán apoyar en las tareas administrativas y de comercialización de las tejas.

- Estudiantes de ingeniería que están realizando su trabajo de graduación

Son encargados de plantear y elaborar estudios sobre proyectos de mejora de implementación, relacionados con la actividad que se desarrolla en el Departamento de Gestión de la Calidad.

- Estudiantes de ingeniería que están realizando su Ejercicio Profesional Supervisado

Responsables del desarrollo de proyectos que contribuyan a la mejora e implementación de nuevas actividades en el Departamento de Gestión de la Calidad. Forman parte de los procesos administrativos y de producción de los proyectos que se desarrollan en el Departamento de Gestión de la Calidad.

- Operadores

Son los responsables de la fabricación y producción de tejas, deben encargarse de la recepción de materia prima, limpieza de materia prima para su transformación, separación de poli-aluminio y limpieza del área de trabajo.

3.3. Aspectos institucionales, morales y jurídicos

- Políticas del CII

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.

Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica, capacitación y promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.

Propiciar acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha establecido convenios con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Municipalidad de Guatemala y con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concyt).

- Objetivos del CII

Fomentar y contribuir con el desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.

3.4. Definiciones de naturaleza jurídica

El marco legal de la Universidad está definido según la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Constitución de la República y los Estatutos de la Universidad de San Carlos. Por lo tanto el Centro de Investigaciones de Ingeniería se registrará por el mismo marco.

La Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala contenida en el Decreto número 325, en el título Preliminares, en los artículos 1 y 4, establece:

“Artículo 1. La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución autónoma, con personalidad jurídica, regida por ésta Ley y sus estatutos, cuya sede central ordinaria es la ciudad de Guatemala.

Artículo 4. Cuando lo estime conveniente, o sea requerida para ello, colaborará en el estudio de los problemas nacionales, sin perder por eso su carácter de centro autónomo de investigación y cultura”.¹

Los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala establecen

“Artículo 3. Colaborará en el estudio de los problemas nacionales que merezcan su colaboración y en aquellos otros en que sea requerida.

Artículo 7. Como centro de investigación le corresponde:

- a) Promover la investigación científica, filosófica y técnica o de cualquier otra naturaleza cultural, mediante los elementos más adecuados y los procedimientos más eficaces, procurando el avance de estas disciplinas,

¹ *Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. p. 124.

- b) Contribuir en forma especial al planteamiento, estudio y resolución de los problemas nacionales, desde el punto de vista cultural y con el más amplio espíritu patriótico; y
- c) Resolver en materias de su competencia las consultas que se le formulen por los Organismos del Estado”.²

²*Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.* p. 124.

4. ESTUDIO AMBIENTAL

4.1. Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es una lista que recoge acciones ambientales, se debe considerar su acción y potencial sobre cada elemento ambiental analizado.

Proporciona información sobre la magnitud e importancia de los aspectos y elementos ambientales, los cuales deben ponderarse de 1 a 10. Esta matriz es de utilidad para identificar impactos, al proporcionar de forma visual los elementos impactados y las acciones que causan impacto.

Se van ponderar los aspectos ambientales que pueden ser afectados durante la etapa de construcción e instalación del equipo y la etapa de operación y mantenimiento. Los aspectos ambientales a ponderar son físicos y humanos. Entre los factores físicos se encuentran los factores bióticos (agua, suelo y atmósfera) y abióticos (flora y fauna). Entre los factores humanos se encuentran los factores sociales, económicos y culturales como economía, salud, seguridad, mano de obra, calidad de vida y educación.

La etapa de construcción e instalación del equipo consiste en el trazado, zanjeado, movimiento de tierra, cimentación, levantado de muros, techado, instalación de agua potable, instalación de energía eléctrica, instalación del equipo.

La etapa de operación y mantenimiento consiste en generación de desechos sólidos, generación de desechos líquidos, operación de maquinaria, consumo de energía eléctrica, consumo de agua potable, lavado y almacenamiento de envases de tetrabrik.

- Evaluación: se toma una valoración en los aspectos de 1 a 10, representando el 1 como una consecuencia de baja magnitud e importancia y el 10 de alta magnitud e importancia
- Análisis: la matriz indica que el proyecto es ambientalmente factible debido a que los efectos perjudiciales son mínimos comparados con los beneficios que tiene el proyecto.

En el Departamento de Gestión de la Calidad del CII, se recicla el tetrabrik de dos maneras. La primera es un reciclado en conjunto, se lavan y trituran las cajas. La segunda consiste en reciclar las capas por separado, se separa el cartón y el poli-aluminio; el cartón se envía a un centro de reciclaje y el poli-aluminio se utiliza como recubrimiento a la teja.

4.2. Análisis microbiológico

Se realiza un estudio microbiológico a la materia prima (tetrabrik triturado y poli-aluminio) con el objetivo de determinar la cantidad de bacterias presentes en la materia prima que manipula el operario.

- Recuento aeróbico total

Para identificar la cantidad de bacterias presentes en el tetrabrik, se limpió con un hisopo un envase de tetrabrik de 50 cm² de área. Luego se remojó este hisopo en 1 mL de agua. Se tomó una muestra del agua, la cual será analizada para establecer la cantidad de bacterias a la cual se exponen los operarios al manipular dicha materia prima.

- Procedimiento

Preparar el medio de cultivo de agar. Dejar enfriar el medio hasta aproximadamente 50 °C.

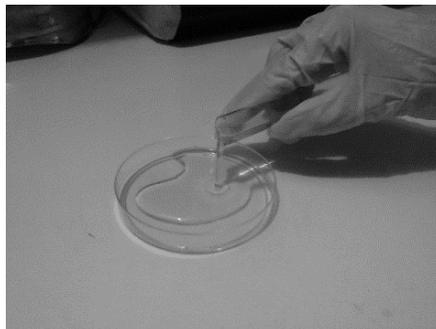
Figura 71. **Cultivo de agar**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Verter el cultivo en una placa Petri.

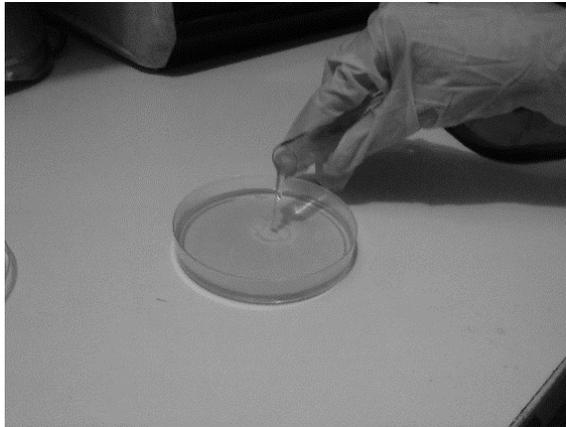
Figura 72. **Cultivo en placa Petri**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Colocar sobre una placa Petri 1 mL de la muestra de agua y luego tapar.

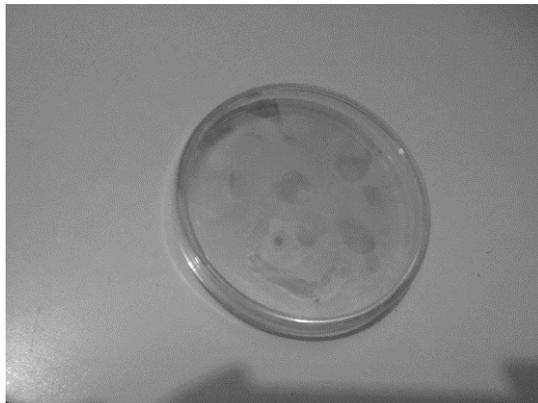
Figura 73. **1 mL de la muestra de agua**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Dejar solidificar durante 24 horas, después de ese tiempo se realizará el recuento de colonias.

Figura 74. **Solidificación**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Resultado: se encontró un total de $19 \frac{UFC}{50 \text{ cm}^2}$, esto indica que existen 19 unidades formadoras de colonias en una superficie de 50 cm^2 , por lo que los operarios no están expuestos a un gran número de bacterias.

Según la Norma Coguanor NGO 29 005:99, si se realiza un recuento aeróbico total a una muestra de agua para consumo humano por método de vaciado en placa será aceptable un número menor a $200 \frac{UFC}{\text{mL}}$, por lo que el resultado obtenido se encuentra dentro del rango de aceptación.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Inversiones fijas

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos, o tangibles, y diferidos, o intangibles, necesarios para iniciar las operaciones del Departamento de Gestión de la Calidad, con excepción del capital de trabajo.

Se entiende por activo tangible todo aquello que se puede tocar, los bienes propiedad Departamento de Gestión de la Calidad como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario y herramientas.

A continuación se detallan los precios de la maquinaria que se utilizará en el proceso de producción, la planta de producción ubicada en el Departamento de Gestión de la Calidad ya cuenta con esta maquinaria, por lo tanto no se considera como parte de la inversión inicial.

Tabla XIII. **Precio de la maquinaria**

Maquinaria	Precio
Prensa neumática	Q 24 990,00
Horno digital de convección forzada	Q 27 845,00
Compresor de aire	Q 7 000,00
Balanza digital	Q 10 875,00
Molino <i>crusher</i>	Q 12 240,00
Total	Q 82 920,00

Fuente: elaboración propia.

Las herramientas y los moldes sí representan una inversión para Departamento de Gestión de la Calidad del CII:

Tabla XIV. **Precio de herramientas y moldes**

Herramientas y moldes	Costo unitario	Costo total
2 espátulas	Q 5,00	Q 10,00
2 brochas de 3"	Q 5,00	Q 10,00
6 moldes	Q, 500,00	Q 3 000,00
Guaípe 5 libras	Q 5,00/lb	Q 25,00
2 martillos	Q, 15,00	Q 30,00
	Total	Q 3 075,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Precio de equipo de protección personal**

Equipo de protección personal	Costo unitario	Costo total
2 pares de guantes de cuero	Q 30,00	Q 60,00
2 batas	Q 120,00	Q 240,00
2 gafas industriales	Q 15,00	Q 30,00
Mascarillas	Q 25,00	Q 25,00
Protección auditiva	Q 25,00	Q 50,00
2 cascos industriales	Q 40,00	Q 80,00
	Total	Q 495,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Inversión inicial**

	Precio
Herramientas y moldes	Q 3075,00
Equipo de protección personal	Q 495,00
Vehículo para reparto (picop de 1 tonelada de segunda mano)	Q 65 000,00
Total	Q 68 570,00

Fuente: elaboración propia.

5.2. Inversiones intangibles

Se entiende por activo intangible a todos aquellos bienes propiedad del Departamento de Gestión de la Calidad necesarios para su funcionamiento, los cuales incluyen patentes de invención, marcas, diseños industriales, nombres comerciales, asistencia técnica, instalación y puesta en marcha, contratos de servicio como luz, teléfono, agua, corriente eléctrica.

- Consumo de energía eléctrica

Tabla XVII. Consumo de energía eléctrica

Equipo	Potencia (kW)	h/día	h/mes	Consumo kW-h/día	Consumo kW-h/mes
Horno	1,6	9	180	14,4	288
Compresor	2,2	4	80	8,8	176
Balanza digital	1,5	4	80	6	120
Crusher	7,5		2		37,5
4 bombillas incandescentes	0,075	4	80	1,2	24
Horno microondas	1,2	0,5	10	0,6	12
2 computadoras	0,3	4	80	2,4	48
Total:					705,5

Fuente: elaboración propia.

Se considera un 5 % adicional de imprevistos:

Consumo total = (705,5 kW) x (1,05) = 740,8 kW/mes

Costo en quetzales del kW/h = 1,180256

$$\left(740,8 \frac{kW}{h}\right) * (Q 1,180 256) = \frac{Q 874,33}{mes}$$

- Consumo de agua

De acuerdo al reglamento de seguridad, un trabajador debe contar con una disponibilidad de 150 litros diarios de agua potable por día. La planilla laboral de la empresa dependerá del número de practicantes y estudiantes que vayan a realizar su Ejercicio Profesional Supervisado que colaboren en el Departamento de Gestión de la Calidad. Se tomará un estimado de 8 personas, por lo que se deberá de contar con 1 200 litros de agua potable únicamente para los trabajadores. El Departamento de Gestión de la Calidad tiene otras necesidades de agua como:

Tabla XVIII. **Consumo de agua potable**

	Capacidad de producción de 480 unidades al mes
Limpieza de envases de tetrabrik	11 760 litros
Separado de capas de los envases de tetrabrik	2 000 litros
Limpieza diaria general de el Departamento de Gestión de la Calidad	300 litros
Agua disponible para el personal	1 200 litros
Total:	15 260 litros

Fuente: elaboración propia.

Un metro cúbico equivale a 1 000 litros, por lo tanto, la cantidad en metros cúbicos que se consume es de:

Tabla XIX. **Consumo de agua potable en metros cúbicos**

	Capacidad de producción de 480 unidades al mes
Total:	15,3 m ³

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tarifa de consumo de agua en Guatemala, que es de Q 1,12/m³, se tiene un costo mensual de:

$$\frac{1,12 \text{ quetzales}}{m^3} * 15,3 m^3 = Q 17,10 \text{ al mes}$$

- **Mantenimiento**

El costo de mantenimiento implica una revisión periódica de las máquinas que lo requieran. Se considera que es más conveniente contratar externamente este servicio (*outsourcing*). Los equipos que requieren mantenimiento son:

- Horno
- Prensa
- Compresor
- *Crusher*

El resto del equipo de producción, tal como plomería y sistema eléctrico en general, requieren de un mantenimiento sencillo que será proporcionado por los estudiantes de ingeniería que realicen sus prácticas en el Departamento de Gestión de la Calidad.

El costo por hacer un mantenimiento preventivo a los equipos mencionados asciende a un 4 % al año de su valor de adquisición.

Costo de adquisición de equipos especiales x 0,004 = Q 82 920,00 X 0,04 =
Q 3 316,80

Costo de mantenimiento anual = Q 3 316,80

Costo de mantenimiento mensual = Q 276,40

5.2.1. Costos de estudio de mercado, encuestas

El estudio de mercado realizado está enfocado a la evaluación del proyecto de tejas de tetrabrik, tiene como objetivo definir la demanda, oferta y los precios de comercialización. Además, define los canales de comercialización utilizados para la distribución de tejas.

Las encuestas fueron realizadas de forma presencial y electrónica. Como se detalló en el estudio de mercado, fue necesario encuestar a 322 personas. A continuación se detallan los costos incurridos en este estudio:

- Resma de hojas: Q 35,00
- Tinta para impresora: Q 85,00
- Costo del estudio: Q 120,00

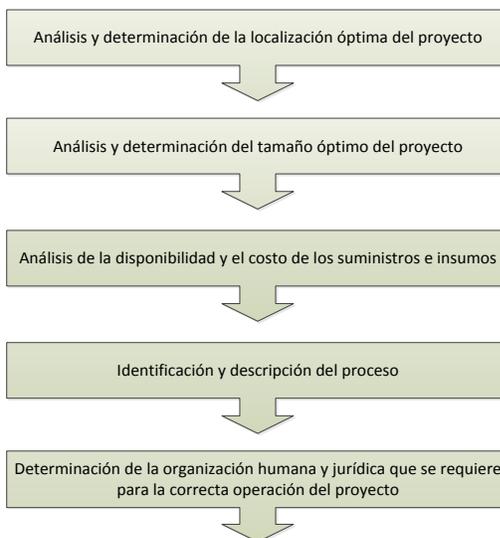
5.2.2. Costos de estudio técnico de ingeniería

Los objetivos del análisis técnicooperativo de este proyecto consisten en verificar la posibilidad técnica de la fabricación de tejas a base de tetrabrik, así como analizar y determinar el tamaño y localización de la planta de trabajo, equipos, instalaciones y la organización requerida para realizar la producción.

El Departamento de Gestión de la Calidad ya cuenta con la maquinaria adecuada para la fabricación de tejas, en este estudio se optimizó el uso de la dicha maquinaria y el espacio disponible en la planta de producción.

El estudio técnico consiste en las siguientes partes:

Figura 75. **Partes que conforman el estudio técnico**



Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo la etapa de análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos, se realizaron pruebas experimentales durante diciembre del 2014 y enero de 2015 (40 días), durante los cuales se experimentó con diferentes proporciones de materia prima hasta encontrar la proporción adecuada de tetrabrik y poli-aluminio que hiciera que la teja funcionara de forma adecuada.

A continuación se detallan los gastos personales para la realización de este estudio:

- Alimentación: Q 1 200,00
- Transporte: Q 400,00
- Equipo de protección (guantes, gafas, mascarillas):Q 80,00
- Talco Industrial: Q 5,00
- Aceite mineral: Q 75,00
- *Total de gastos personales: Q 1 760,00*

Los ensayos realizados a la teja de tetrabrik no representaron ningún costo, debido a que se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII. Sin embargo, es importante mencionar cual sería el costo total de los siguientes ensayos:

Tabla XX. **Ensayos realizados a la teja de tetrabrik**

5 ensayos de flexión
4 ensayos de tensión
2 ensayos de compresión
2 ensayos de permeabilidad
TOTAL: Q 2 420,00

Fuente: elaboración propia.

5.3. Costos de operación y mantenimiento

La planta productora de tejas de tetrabrik está planeada, hasta ahora, para laborar un solo turno de trabajo, por lo que queda abierta la posibilidad de que funcione hasta por dos turnos diarios. Tomando en cuenta los resultados del estudio de mercado y considerando que la teja es un producto nuevo que aún no ha sido usado, se plantea laborar un turno durante los primeros dos años y elevar la jornada a dos turnos de trabajo si el producto tiene una demanda mayor.

5.3.1. Materia prima

A continuación se presenta la tabla del costo la materia prima.

Tabla XXI. Costo de la materia prima

Materia prima	Cantidad por lote de 480 tejas producidas	Costo de la materia prima	Total para capacidad de producción de 480 tejas al mes
Envases de tetrabrik	23 520	Donación	Q 0,00
Talco industrial	12,40 kilogramos	Q 4,80/kilogramo	Q 76,88
Aceite mineral	9,50 galones	Q 75,00/galón	Q 712,50
Total			Q 789,38

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Mano de obra

- Mano de obra directa

Es aquella que interviene personalmente en el proceso de producción, especialmente se refiere a los operadores, las dos personas que fabricarán la teja de tetrabrik en la planta de producción.

Se pretende contratar a un operador como auxiliar de laboratorio, quien ganará un sueldo de Q 3 250,00 al mes. El puesto de segundo operador será efectuado por los practicantes y estudiantes de ingeniería realizando su Ejercicio Profesional Supervisado, quienes se turnarán para apoyar al operador 1 y cumplirán las funciones que les corresponden, las cuales se detallaron en el estudio administrativo – legal.

Tabla XXII. **Costo de mano de obra directa**

Concepto	Sueldo mensual	Sueldo anual
Auxiliar de laboratorio	Q 3 250,00	Q 39 000,00
+ 42 % de prestaciones	Q 1 365,00	Q 16 380,00
Total:	Q 4 615,00	Q 55 380,00

Fuente: elaboración propia.

- **Mano de obra indirecta**

Son los estudiantes de ingeniería que están realizando su trabajo de graduación, los estudiantes que realizan su Ejercicio Profesional Supervisado y todos aquellos que aporten en el proceso administrativo y comercial de este proyecto.

Es importante aclarar no se le pagará a la mano de obra indirecta, por ser un proyecto social y porque se le está dando la oportunidad al estudiante de ingeniería que realice sus prácticas, tesis y EPS dentro de las instalaciones de la Universidad, intercambiando experiencias con sus compañeros de trabajo e implementando proyectos favorables al ambiente, empleando las herramientas aprendidas durante su estudio de ingeniería.

5.3.3. Servicios

- **Gastos de administración**

Como su nombre lo indica, estos gastos se hacen al realizar los trabajos administrativos en el Departamento de Gestión de la Calidad.

De acuerdo con el organigrama general del Departamento de Gestión de la Calidad mostrado en el estudio administrativo-legal, este cuenta con el director del proyecto, dos operarios, practicantes y los estudiantes que realizan

trabajo de graduación y Ejercicio Profesional Supervisado. Por ser un proyecto social de beneficio, no existen sueldos para el personal administrativo, debido a que son los mismos estudiantes de ingeniería quienes realizan el trabajo administrativo, a cambio de cumplir con un requisito de graduación.

Tabla XXIII. **Gastos de administración**

Concepto	Mensual	Anual
Gastos de oficina	Q 100,00	Q 1 200,00
Total:	Q 100,00	Q 1 200,00

Fuente: elaboración propia.

- Gastos de comercialización y venta

Vender no solo significa hacer llegar el producto al intermediario o al consumidor, sino que implica una serie de actividades que abarcan mercadotecnia, investigación y desarrollo de nuevos mercados o de nuevos productos adaptados a los gustos y necesidades de la población consumidora, estratificación de mercados, publicidad, tendencia de ventas, pronósticos de ventas, entre otros.

Tabla XXIV. **Gastos de venta**

Concepto	Gasto en quetzales para una capacidad de producción de 480 tejas al mes
Publicidad	Q 150,00
Operación de vehículos	Q 985,00
Total:	Q 1 135,00

Fuente: elaboración propia.

- Costos totales de producción

En la tabla XXV se muestra el costo total de la producción mensual de tejas de tetrabrik, tomando en cuenta una capacidad de producción 480 tejas. Todas estas cifras se determinaron en el periodo cero, es decir antes de la inversión.

Tabla XXV. **Costos totales de producción al mes**

Concepto	Costo para una capacidad de producción de 480 tejas al mes
Materia prima	Q 789,38
Energía eléctrica	Q 874,33
Agua	Q 17,10
Mano de obra directa	Q 4 615,00
Mantenimiento	Q 276,40
Total:	Q 6 572,21

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Costos totales de operación al mes**

Concepto	Costo para una capacidad de producción de 480 tejas al mes
Costo de producción	Q 6 572,21
Gasto de administración	Q 100,00
Gasto de ventas	Q 1 135,00
Total:	Q 7 807,21

Fuente: elaboración propia.

Debido a los costos observados, se puede definir que se trabajará con una capacidad de producción de 480 tejas al mes, lo que requiere la contratación de un operador y que existan turnos rotativos de los practicantes y colaboradores del Departamento de Gestión de la Calidad, para apoyar la producción de tejas de tetrabrik.

$$\text{Costo de teja} = \frac{Q 7 807,21}{480 \text{ tejas}} = Q 16,27$$

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1. Análisis flujo financiero

- Inversión en activo fijo y diferido

La inversión en activos se puede diferenciar claramente según su tipo. En este apartado se define la inversión monetaria en activos fijo y diferido, que corresponden a todos los necesarios para que el Departamento de Gestión de la Calidad pueda operar desde los puntos de vista de producción, administración y ventas.

Tabla XXVII. Activo fijo de producción

Cantidad	Equipo	Precio unitario	Costo total puesto en planta
1	Sierra de mesa	Q 21 440,00	Q 21 440,00
1	Sierra de cinta	Q 18 800,00	Q 18 800,00
1	Prensa neumática	Q 24 990,00	Q 24 990,00
1	Horno	Q 27 845,00	Q 27 845,00
1	Molino <i>crusher</i>	Q 12 240,00	Q 12 240,00
1	Balanza <i>digital</i>	Q 10 875,00	Q 10 875,00
1	Compresor	Q 7 000,00	Q 7 000,00
1	Herramienta para mantenimiento	Q 2 970,00	Q 2 970,00
TOTAL			Q 126 160,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Activo fijo de oficinas**

Cantidad	Equipo	Precio unitario	Costo total puesto en planta
2	Computadoras e impresora	Q 3 000,00	Q 6 000,00
2	Escritorio secretarial	Q 600,00	Q 1 200,00
2	Silla secretarial	Q 700,00	Q. 700,00
1	Horno microondas	Q 900,00	Q 900,00
8	Silla comedor	Q 90,00	Q 720,00
1	Mesa comedor	Q 600,00	Q 600,00
TOTAL			Q 10 120,00

Fuente: elaboración propia.

El activo diferido comprende todos los activos intangibles del Departamento de Gestión de la Calidad. Para la fase inicial, los activos diferidos relevantes son:

“Planeación e integración del proyecto, el cual se calcula como el 3% de la inversión total (sin incluir el activo diferido)”.³

Inversión total

= *Activo fijo de producción + Activo fijo de oficinas*
+ *Inversión inicial*

Inversión total = Q 126 160,00 + Q 10 120,00 + Q68 570 = **Q 204 850,00**

“La ingeniería del proyecto, que comprende la instalación y puesta en funcionamiento de todos los equipos, el cual se calcula como el 3.5% de la inversión en activos de producción.”⁴

Activos de producción = Q 126 120,00

³ BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. p. 203.

⁴.Ibíd.

“La supervisión del proyecto, que comprende la verificación de precios de equipo, compra de equipo, materiales y herramientas, verificación de instalación de servicios contratados, etc. Y se calcula como el 1.5% de la inversión total, sin incluir activo diferido”.⁵

Tabla XXIX. **Activo diferido**

Concepto	Cálculo	Total
Planeación e integración	204 850 x 0,03	Q 6 145,50
Ingeniería del proyecto	126 160 x 0,035	Q 4 415,60
Supervisión	204 850 x 0,015	Q 3 072,75
TOTAL		Q 13 633,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Activo fijo y diferido**

Concepto	Total
Equipo de producción	Q 126 160,00
Equipo de oficinas y ventas	Q 10 120,00
Activo diferido	Q 13 633,85
Subtotal	Q 149 913,85
+ 5% de imprevistos	Q 7 495,70
TOTAL	Q 157 409,55

Fuente: elaboración propia.

El 5 % o hasta el 10 %, de imprevistos se utiliza como una medida de protección para el inversionista. La cifra que deberá utilizarse para la evaluación económica es el subtotal Q 149 913,85, sin embargo, calcular los imprevistos significa que el inversionista tiene que estar preparado con un crédito de Q 7 495,70. Esto no significa que se utilizará, pero, si no lo tiene disponible como crédito y lo llegara a necesitar, entonces sí tendría problema, porque seguramente detendría alguna actividad o compra importante.

⁵ BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. p. 203

- Depreciación y amortización

Los cargos de depreciación y amortización son gastos virtuales, los cuales están permitidos por las leyes para que el inversionista recupere la inversión inicial que ha realizado. Los activos fijos se deprecian y los activos diferidos se amortizan ante la imposibilidad de que disminuya su precio por el uso o por el paso del tiempo.

El término amortización indica la cantidad de dinero que se ha recuperado de la inversión inicial con el paso de los años.

Los cargos anuales se calculan con base en los porcentajes de depreciación permitidos por las leyes impositivas. Los porcentajes mostrados en la tabla XXXI son los autorizados por el gobierno guatemalteco.

Tabla XXXI. **Depreciación y amortización de activo fijo y diferido (en quetzales)**

Concepto	Valor	%	1	2	3	4	5	VS
Equipo de producción	126 160,00	20	25 232	25 232	25 232	25 232	25 232	0
Equipo de oficina	4 120,00	20	824	824	824	824	824	0
Computadoras	6 000,00	33,33	1999,8	1999,8	1999,8	0	0	0
Inversión diferida	10 692,07	10	1 069,2	1 069,2	1 069,2	1 069,2	1 069,2	5 346
TOTAL			29 125	29 125	29 125	27 125,2	27 125,2	5 346

Fuente: elaboración propia.

- Determinación de la TMAR y la inflación considerada

La tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) es la tasa de ganancia anual (sin inflación) que solicita ganar el inversionista para llevar a cabo la instalación y operación de la empresa. Debido a que no se considera la

inflación, la tasa mínima aceptable de rendimiento es la tasa de crecimiento real de la empresa por arriba de la inflación. También se conoce a la TMAR como premio al riesgo, porque refleja el riesgo que corre el inversionista de no obtener ganancias pronosticadas y que el proyecto fracase.

El valor asignado a la TMAR depende de tres parámetros: estabilidad de la venta de productos similares (tejas), estabilidad o inestabilidad de las condiciones macroeconómicas del país y de las condiciones de competencia en el mercado. Si existe mayor riesgo, existirá mayor ganancia.

En el caso de la comercialización de tejas, las ventas históricas de las mismas muestran aceptación del mercado para decoración de viviendas. El mercado prefiere utilizar losa de concreto o lámina como se puede observar en el estudio de mercado realizado, lo cual, en primera instancia, habla de un alto riesgo de ventas.

Finalmente, en el mercado hay competencia en cuanto a la comercialización de productos de construcción ecológicos. Existen láminas de plástico cuyas dimensiones son mayores que las de una teja plástica, por lo que son preferidas porque cubren una mayor superficie y son más efectivas para estructurar un techo; además están elaboradas con plástico reciclado. El 70 % de la población meta prefiere construir con losa de concreto, el 30 % restante construye con lámina, teja y demás materiales de construcción de techos.

Por todo lo anterior, se considera que la inversión en el proyecto de fabricación de tejas de tetrabrik tiene un riesgo alto y se le asigna un premio al riesgo de 35 % anual, que equivale a la TMAR sin inflación.

Respecto a la inflación, se considera un porcentaje de 4 % anual promedio, debido al desarrollo histórico de este parámetro macroeconómico y a las perspectivas económicas del país.⁶

- Financiamiento de la inversión

De los Q 157 409,55 que se requieren en activo fijo y diferido, se pretende solicitar un financiamiento por Q 89 699,55, debido a que el Departamento de Gestión de la Calidad ya cuenta con el activo fijo.

Tabla XXXII. **Financiamiento de la inversión**

Concepto	Inversión
Activo diferido	Q 13 633,85
Imprevistos	Q 7 495,70
Inversión inicial	Q 68 570,00
Total	Q 89 699,55

Fuente: elaboración propia.

El financiamiento será solicitado al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concyt), una asociación gubernamental cuyo objetivo es promover el desarrollo de la ciencia y tecnología, por lo tanto, no se aplicará ninguna tasa de interés.

- Precio de venta

Como ya se determinó en el estudio económico, el costo unitario de la teja es de Q 16,27, se estima una ganancia de 15 %, por lo tanto el precio de venta de la teja es:

⁶ Banco de Guatemala. *Informe de Política Monetaria a marzo de 2015*. p. 36.

$$\text{Precio de venta por unidad} = Q 16,27 * 1,15 = Q 18,70$$

- Determinación del punto de equilibrio anual

Con base en el presupuesto de los costos de producción, administración y ventas, se clasifican los costos como fijos y variables, con la finalidad de determinar cuál es el nivel de producción donde los costos totales se igualan a los ingresos. En la tabla XXXII se presenta la clasificación de los costos para un volumen de producción de 5 760 tejas anuales, con una capacidad instalada de 480 tejas mensuales.

Tabla XXXIII. **Clasificación de costos anuales**

Concepto	Costos
Ingresos	Q 107 712,00
Costos totales	Q 93 715,20
Costos variables	Q 27 843,24
Costos fijos	Q 65 871,96

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Costos totales} = \text{Unidades fabricadas anualmente} * \text{Costo unitario}$$

$$\text{Costos fijos} = 5\,760 \text{ unidades} * Q.16.27 = Q \frac{93\,715,20}{\text{año}}$$

Son clasificados como costos fijos el sueldo del auxiliar de laboratorio y la energía eléctrica.

$$\text{Costos fijos} = \text{Sueldo del auxiliar de laboratorio} + \text{Energía eléctrica}$$

$$\text{Costos fijos} = Q.4615.00 + Q.874.33 = Q \frac{5\,489.33}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = Q \frac{65\,871,96}{\text{año}}$$

Costos variables = Costos totales – Costos fijos

$$\text{Costos variables} = Q \cdot 93\,715.20 - Q \cdot 65\,871.96 = Q \frac{27\,843.24}{\text{año}}$$

Para determinar el punto de equilibrio se utiliza la fórmula $Q = \frac{F}{P-V}$

Donde:

Q = punto de equilibrio

F = costos fijos

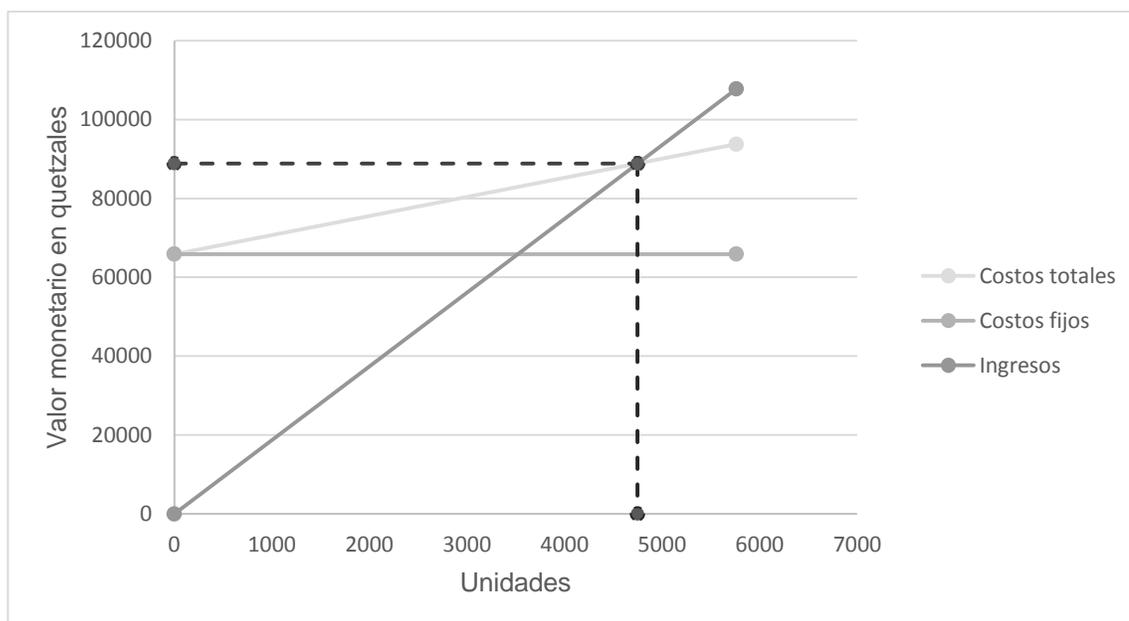
P = precio unitario del producto

V = costo variable unitario

$$Q = \frac{Q\,65\,871.96}{Q\,18.70 - Q\,4.83} = 4\,749 \text{ unidades}$$

El punto de equilibrio representa el punto en el cual los ingresos totales se igualan a los costos asociados con la producción, comercialización y venta del producto. Si la capacidad de producción anual es de 5 760 tejas al año y el punto de equilibrio se encuentra en 4 749 tejas, se recuperará la inversión al finalizar el primer año.

Figura 76. **Gráfica del punto de equilibrio anual**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Determinación de ingresos sin inflación**

Año	Número de tejas	Precio unitario	Ingreso total
1	5 760	Q 18,70	Q 107 712,00
2	5 760	Q 18,70	Q 107 712,00
3	5 760	Q 18,70	Q 107 712,00
4	5 760	Q 18,70	Q 107 712,00
5	5 760	Q 18,70	Q 107 712,00

Fuente: elaboración propia.

- Estado de resultados proforma

Es la base para calcular los flujos netos de efectivo con los que se realizará la evaluación económica.

Este estado de resultados muestra las cifras básicas obtenidas en el periodo cero, es decir, antes de realizar la inversión. Como la producción es constante y no se toma en cuenta la inflación, entonces la hipótesis es considerar que las cifras de los flujos netos de efectivo se repiten cada fin de año durante todo el horizonte de análisis del proyecto.

Tabla XXXV. **Estado de resultados sin inflación, sin financiamiento y con producción constante**

Concepto	Años 1 al 5
Producción	5760 tejas
+ Ingreso	Q 107 712,00
~ Costo de producción	Q 85 886,52
~ Costo de administración	Q 1 200
~ Costo de ventas	Q 6 600
= Utilidad	Q 14 025,48
+ Depreciación	Q 29 125,00
= Flujo neto de efectivo	Q 43 150,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Estado de resultados con inflación, sin financiamiento y con producción constante (en quetzales)**

Concepto	1	2	3	4	5
Producción (unidades)	5760	5760	5760	5760	5760
	107				
+ Ingreso	712,00	112 020,48	116 501,30	121 161,35	126 007,81
-Costo de producción	85 886,52	89 321,98	92 894,86	96 610,65	100 475,08
-Costo de administración	1 200,00	1 248,00	1 297,92	1 349,84	1 403,83
-Costo de ventas	6 600,00	6 864,00	7 138,56	7 424,10	7 721,07
Utilidad	14 025,48	14 586,50	15 169,96	15 776,76	16 407,83
+Depreciación	29 125,00	29 125,00	29 125,00	27 125,00	27 125,00
FLUJO NETO EFECTIVO	43 150,48	43 711,50	44 294,96	42 901,76	43 532,83

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Estado de resultados con inflación, con financiamiento y con producción constante (en quetzales)**

Se considera un financiamiento de Q 89 699,55, debido a que dicho financiamiento proviene del Concyt, esta cantidad no se liquidará en la proyección de 5 años planificada.

Concepto	1	2	3	4	5
Producción (Unidades)	5760	5760	5760	5760	5760
+ Ingreso	107 712,00	112 020,48	116 501,30	121 161,35	126 007,81
-Costo de producción	85 886,52	89 321,98	92 894,86	96 610,65	100 475,08
-Costo de administración	1 200,00	1 248,00	1 297,92	1 349,84	1 403,83
-Costo de ventas	6 600,00	6 864,00	7 138,56	7 424,10	7 721,07
Utilidad	14 025,48	14 586,50	15 169,96	15 776,76	16 407,83
+Depreciación	29 125,00	29 125,00	29 125,00	27 125,00	27 125,00
FLUJO NETO EFECTIVO	43 150,48	43 711,50	44 294,96	42 901,76	43 532,83

Fuente: elaboración propia.

6.2. Valor actual neto (VAN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Para calcular el VAN se utilizará el costo de capital o TMAR.

La inversión total inicial es de Q 89 699,55

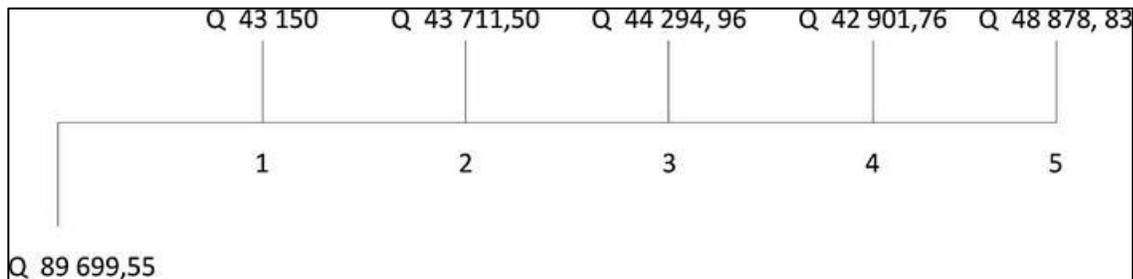
Flujos netos de efectivo son: $FNE_1 = Q 43 150,48$; $FNE_2 = Q 43 711,50$; $FNE_3 = Q 44 294,96$; $FNE_4 = Q 42 901,76$; $FNE_5 = Q 42 901,76$.

Inflación considerada $f = 20\%$ anual constante

$$TMAR_{f=20\%} = i + f + if = 0,35 + 0,04 + (0,35)(0,04) = 0,404$$

Con estos datos se construye el siguiente diagrama de flujo:

Figura 77. Diagrama de flujo para la evaluación económica



Fuente: elaboración propia.

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

$$VAN = -89\,699.55 + \frac{43\,150}{(1+0.404)^1} + \frac{43\,711.50}{(1+0.404)^2} + \frac{44\,294.96}{(1+0.404)^3} + \frac{42\,901.76}{(1+0.404)^4} + \frac{43\,532.83 + 5\,346}{(1+0.404)^5}$$

$$VAN = (Q\,781,31)$$

El resultado obtenido del VAN refleja que la inversión inicial no será recuperada en los próximos 5 años. El valor del proyecto en los próximos 5 años proyectados representa una pérdida de 781 quetzales con 31 centavos.

6.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero. Representa la tasa de interés que reduce a cero el valor actual neto, el valor futuro o el valor anual de una serie de ingresos y egresos.

Se procede a calcular la TIR considerando una inflación anual de 4 % constante (según la proyección del Banco de Guatemala para el año 2015). La producción anual permanece constante de 5 760 tejas, en cada uno de los 5 años proyectados.

$$89\,699,85 = \frac{43\,150}{(1+i)^1} + \frac{43\,711,50}{(1+i)^2} + \frac{44\,294,96}{(1+i)^3} + \frac{42\,901,76}{(1+i)^4} + \frac{43\,532,83 + 5\,346,00}{(1+i)^5}$$

$$TIR = 39,8840 \%$$

La tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto sin que genere pérdidas es de 39,8840 %, mientras la TMAR, considerando la inflación, tiene un valor de 40,4 %.

Mediante esta evaluación económica se nota que la TIR es menor que la TMAR por 0,516 puntos porcentuales, lo que se refiere a que las ganancias del proyecto no son suficientes para recuperar el dinero que se está invirtiendo; por lo tanto, se puede concluir que invertir en este proyecto resulta riesgoso.

6.4. Gastos administrativos y financieros

- Gastos de administración

Los gastos administrativos del Departamento de Gestión de la Calidad provienen de la función de administración del proyecto. Sin embargo, las personas que administran el proyecto no reciben ninguna remuneración económica porque son estudiantes de la facultad de ingeniería que están realizando prácticas, Ejercicio Profesional Supervisado o trabajo de graduación. A continuación se desglosan los gastos administrativos durante el año.

Tabla XXXVIII. **Gastos de administración**

Concepto	Costo
Hojas blancas	Q 350,00
Tinta para impresora	Q 400,00
Lápices y lapiceros	Q 40,00
Grapas, clips	Q 15,00
Engrapadora	Q 100,00
Sacabocados	Q 80,00
Goma, tijeras	Q 60,00
Otros	Q 155,00
Total	Q 1200,00

Fuente: elaboración propia.

- **Gastos financieros**

Los gastos financieros son intereses que se deben pagar por préstamo o financiamiento. El proyecto necesita un financiamiento de Q 89 699,55 para comenzar sus operaciones, el cual será conseguido por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

6.5. Análisis beneficio/costo

Además de la TIR y el VAN se utiliza otro criterio para evaluar económicamente un proyecto, este criterio es el de beneficio/costo (B/C). Para que un proyecto se admita o se declare como beneficioso la razón B/C debe de ser mayor que la unidad. Para este análisis no se toma en cuenta la inflación, se toma en cuenta el valor presente neto.

Se pretende determinar si el proyecto seguirá siendo rentable, en los próximos 5 años, la proyección de los ingresos al finalizar los 5 años es de Q 126 007,81, considerando una tasa de rentabilidad de 15 %. También se

espera invertir en el mismo Q 89 699,85, y tener costos de Q 109 599,98. Considerando una inflación de 4 %.

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{Q\ 126\ 007,81}{(1+0,15)^5}}{\frac{Q\ 109\ 599,98}{(1+0,15)^5} + Q\ 89\ 699,85} = 0,66$$

Como la relación beneficio costo es menor a 1 se puede afirmar que el proyecto no seguirá siendo rentable dentro de 5 años, por lo que el proyecto no debería de financiarse.

6.6. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es un procedimiento que determina cuánto afecta la TIR ante cambios en el proyecto. Los cambios suceden al modificar variables críticas del proyecto que determinan costos y beneficios sobre las evaluaciones económicas (VAN y TIR)

Se deberán seleccionar variables o parámetros decisorios del proyecto, es decir, que modifiquen de manera significativa la evaluación económica, siempre y cuando no se salgan de la realidad.

Tabla XXXIX. **Variables críticas**

Categoría	Ejemplo
Dinámica de precios	Inflación, materia prima
Datos relativos a la demanda	Cantidad demandada, precio venta del producto
Costes de inversión	Equipo y herramientas, inversiones iniciales.
Costos fijos	Energía eléctrica y mano de obra

Fuente: elaboración propia.

- Dinámica de precios
 - Variando la inflación. Se trabajará con una inflación del 3 %.

Tabla XL. **Flujo de efectivo, considerando una inflación del 3 %**

N	EGRESOS	INGRESOS	DEPRECIACIÓN	FLUJO NETO
0	(89 699,55)			(89 699,55)
1	93 686,52	107 712,00	29 125,00	43 150,48
2	96 497,12	110 943,36	29 125,00	43 571,24
3	99 392,03	114 271,66	29 125,00	44 004,63
4	102 373,79	117 699,81	27 125,00	42 451,02
5	105 445,00	121 230,80	27 125,00	48 256,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **VAN y TIR, considerando una inflación del 3 % anual constante**

Valor Presente neto
Q (1 191,38)
TIR
39,6148 %

Fuente: elaboración propia.

Si todas las variables permanecen constantes y se varía la tasa de inflación a 3 %, el proyecto sigue teniendo las mismas condiciones. No se recupera la inversión inicial y la TIR sigue siendo menor que la TMAR, por lo que se recomienda no invertir en el proyecto.

- Variando porcentaje de beneficios, el margen de ganancia será de 20 %

Si se aplica un margen de utilidad del 20 %, el precio de venta de la teja por unidad sería de Q 19,50, por lo que los ingresos ascienden.

Tabla XLII. Estado proforma, considerando una inflación del 4 % y un margen de utilidad del 20 % (en quetzales)

Concepto	1	2	3	4	5
Producción	5760	5760	5760	5760	5760
Ingreso	112 320,00	116 812,80	121 485,31	126 344,72	131 398,51
Costo de producción	85 886,52	89 321,98	92 894,86	96 610,65	100 475,08
Costo de administración	1 200,00	1 248,00	1 297,92	1 349,84	1 403,83
Costo de ventas	6 600,00	6 864,00	7 138,56	7 424,10	7 721,07
Utilidad	18 633,48	19 378,82	20 153,97	20 960,13	21 798,54
Depreciación	29 125,00	29 125,00	29 125,00	27 125,00	27 125,00
FLUJO NETO EFECTIVO	47 758,48	48 503,82	49 278,97	48 085,13	48 923,54

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Flujo de efectivo, considerando una inflación de 4 % y un margen de utilidad del 20 % (en quetzales)

N	EGRESOS	INGRESOS	DEPRECIACIÓN	FLUJO NETO
0	(89 699,55)			(89 699,55)
1	93 686,52	112 320,00	29 125,00	47 758,48
2	97 433,98	116 812,80	29 125,00	48 503,82
3	101 331,34	121 485,31	29 125,00	49 278,97
4	105 384,59	126 344,72	27 125,00	48 085,13
5	109 599,98	131 398,51	27 125,00	54 269,54

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **VAN y TIR**

Valor presente neto	
Q	9 050,82
TIR	
46,2555 %	

Fuente: elaboración propia.

Si todas las variables permanecen constantes y únicamente se aumenta el margen de utilidad de 15 % a 20 %, el precio de venta aumenta y por lo tanto los ingresos. De esta manera se obtiene un VAN positivo y una TIR mayor que la TMAR establecida. Esto indica la posibilidad de inversión en el proyecto. Sin embargo, hay que tomar en cuenta la disposición del mercado objetivo para adquirir el producto.

CONCLUSIONES

1. Se determinó el mercado potencial de la teja realizada a base de tetrabrik tomando en cuenta que el precio de venta de dicha teja es aproximadamente de 3 a 7 veces mayor que el precio de venta de las tejas que se comercializan. El estudio de mercado fue realizado en la colonia Los Olivos; zona 18, que cuenta con personas de nivel socioeconómico medio alto. De 2 000 viviendas 168 están dispuestas a invertir en una teja ecológica, por contribuir al medio ambiente.
2. Se fabricó el prototipo de teja empleando como materia prima tetrabrik triturado y un recubrimiento de poli-aluminio, el cual le da la característica de impermeabilidad. Se concluye que la nueva teja es resistente a la compresión, tensión y flexión. El estudio de permeabilidad reveló que en 72 horas hay 0 % de absorción, debido a que el poli-aluminio brinda la propiedad de impermeabilidad.
3. A través del estudio ambiental, se evaluó que el proyecto de fabricación de tejas de tetrabrik no tiene un impacto ambiental significativo. Según los estudios, los envases de tetrabrik tardan aproximadamente 30 años en degradarse, lo que demora más en degradarse es el aluminio, por eso resulta de gran beneficio utilizar el poli-aluminio como recubrimiento. Con esto se contribuye a disminuir la contaminación ambiental por este desecho.
4. En el estudio administrativo-legal se detalla la misión, visión, valores y estrategias del Departamento de Gestión de la Calidad del CII, en los

cuales se detallan los propósitos de los proyectos que contribuyen a la conservación del medio ambiente, desarrollando ideas innovadoras a través de la experimentación e investigación de los estudiantes de ingeniería.

5. Se determinó que el proyecto de fabricación de tejas de tetrabrik no es factible a través de la evaluación económica realizada, obteniendo una TIR DE 39,88 % (0,52 % menor que la TMAR) y un VAN de Q. -781,31 lo cual indica que no se recuperará la inversión inicial en un tiempo proyectado de 5 años. De igual manera, por medio del análisis beneficio/costo se determina que el proyecto tampoco es viable.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar el espacio de la planta de producción para instalar nueva maquinaria que apoye el proceso de producción de tejas de una manera más efectiva.
2. Diseñar o adquirir un *hidropulper* para reducir el tiempo de limpieza y separación de las capas de tetrabrik, debido a que se emplean los días sábados exclusivamente para lavar, separar y secar las capas de cartón y poli-aluminio. La inversión en un *hidropulper* reduciría el costo de producción de la teja e incrementaría la productividad de la planta.
3. Se deberá cotizar una prensa hidráulica de vulcanizado, una máquina que combina dos operaciones en una (calienta el material a alta temperatura y al mismo tiempo lo prensa). Esto reduce el tiempo de producción y, por lo tanto, incrementa la capacidad instalada de la planta, así el productor podrá ofrecer una mayor cantidad anual de tejas y satisfacer la demanda potencial, comercializando la TejaBrik a un menor precio.
4. La fabricación de tejas de tetrabrik deberá de implementarse como un proyecto de investigación y de comercialización a pequeña escala, dando a conocer el producto para crear la necesidad de consumo de este producto ecológico en la población. Conforme se vaya avanzando en la etapa de investigación y mercadotecnia, se deberá ampliar la planta de producción e invertir en máquinas más eficientes que se adapten al sistema productivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. Toledo Castellanos, Miguel Ángel (Dir.). 5a ed. México: McGraw-Hill. p. 250.
2. Banco de Guatemala. *Informe de Política Monetaria a marzo de 2015*. Guatemala: Banco de Guatemala, 2015. 36 p.
3. BELLASAI ESCOBAR, María Mercedes. *Diseño y evaluación preliminar de una planta de reciclaje de envases Tetrabrik a pequeña escala* Tesis de Lic. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, 2008. 128. p.
4. BENITEZ ESCOBAR, Tatiana Carolina. *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de láminas aglomeradas a base del reciclaje de envases de tetrapak en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura*. Tesis de Ing. Económica. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, 2013. 146 p.
5. COHÉN, Ernesto; FRANCO, Rolando. *Evaluación de proyectos sociales*. 7a ed. México: Editores Siglo XXI, 2006. p. 120.

6. CONSENZA BARILLAS, Roberto Enrique. *Propuesta de un plan de manejo de desechos sólidos para el edificio del Centro Cultural Metropolitano de la ciudad de Guatemala*. Tesis de Ciencias Ambientales. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, 2013. 128 p.
7. EYES PERFECTO, Heriberto. *Reciclaje de envases de tetrapak: su factibilidad técnica y económica*. Tesis de Ing. Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, 2007. 128 p.
8. Guatemala. *Cobros por servicio de agua y alcantarillado*. Diciembre, 2003. p. 98.
9. GUERRERO SPÍNOLA, Alba Maritza. *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Guatemala: Editorial, 2004. p. 130.
10. HIDALGO MOLINA, Adriana Marilyn. *Diseño de un proceso para la elaboración de tableros aglomerados a partir de envases de Tetrapak*. Tesis Ing. Química. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, 2013. 156 p.
11. NUÑEZ ÁLVAREZ, Lysset Minerva. *Envase de cartón laminado tipo Tetrabrik: Un problema ambiental y sus posibilidades de aprovechamiento*. Tesis de Maestría en Ciencias. 2005. 152. p.

12. QUIROS BUSTOS, Noemi. *Estudio de pre-factibilidad técnica para la fabricación de materiales aprovechables a partir de residuos de tetrapak del cantón Oreamuno*. Tesis de Master en Liderazgo y Gerencia Ambiental. Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), 2010. Facultad de Ingeniería de Ciencias y Sistemas, 136 p.
13. SANCHEZ, Rebeca; OSECHAZ, Victor; ESTRENA, Gabriel. *Recuperación de residuos de envases tetrabrik y su posible aprovechamiento en la creación de tableros de aglomerado en Venezuela*. [en línea]. <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652010000400006&script=sci_arttext>. [Consulta: 9 de marzo de 2014].
14. Universidad de San Carlos de Guatemala. *Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos*. 2006. p. 110.
15. VILLEGAS ROMERO, Adriana. *Uso de materiales reciclados para la construcción*. Tesis de Especialista en Construcción. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, 2012. 146 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Probetas ensayadas**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Apéndice 2. **Realización de ensayo de tensión**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Apéndice 3. Realización de ensayo de tensión



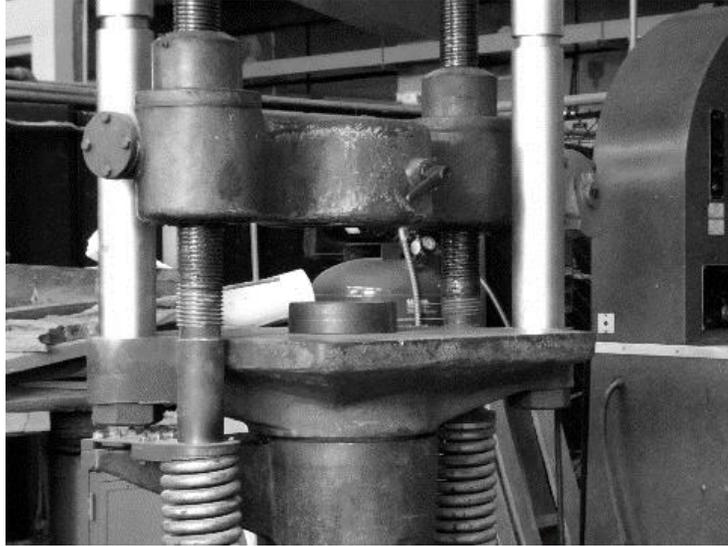
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Apéndice 4. Realización de ensayo de tensión



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Apéndice 5. Realización del ensayo deflexión



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Apéndice 6. Planta de producción actual



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Apéndice 7. Orden de trabajo Centro de Investigaciones de Ingeniería

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, C.A. 

ORDEN DE TRABAJO N^o 34287

LABORATORIO DE: Metales y Productos
Manufacturados

INTERESADO: Ligia María Barrios Girón, Carné No. 201114995. FECHA: 22-1-2015
PROYECTO: Tesis "Estudio de factibilidad del diseño racional para la
fabricación de juntas de tetrabak, en el CII de la USAC. Teléfono: 50333361
DIRECCIÓN: Edificio T-5, Centro de Investigaciones de Ingeniería
MUESTRA/EQUIPO: Pruebas de Tetrabak reforzadas con polialuminio

Proveedor/Marca y Modelo: _____

TRABAJO A EFECTUAR: 5 ENSAYO DE FLEXION, 13.1 ENSAYO DE TENSION, 4.1 ENSAYO
DE PERMEABILIDAD, 2.1 ENSAYO DE COMPRESION

COSTO DEL TRABAJO: Observaciones: _____

Materiales Q _____
Mano de Obra Q _____
Total Q 2420.00


ENTREGADO JEFE DE SECCIÓN

INFORME No. _____ COBRABLE SI NO x

TRABAJO O INFORME RECIBIDOS POR: COSTO: Q. _____

(I) Nombre: _____ RAZÓN: _____
de _____ de 200. _____

Origin: Centro de Investigaciones de Ingeniería
Duplicado: Laboratorio de Metales y Productos
Ejecución: Centro de Investigaciones de Ingeniería

RECIBO: _____ Fecha: _____

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de ensayos de tensión, flexión, compresión y permeabilidad



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



U. I. No. 34287

INFORME No. 40-M
INTERESADO: LIGIA MARIA BARRIOS GIRON, Carne No. 201114605
PROYECTO: TESIS "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA FABRICACION DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CII DE LA USAC."
PROVEEDOR: *****
FECHA: GUATEMALA, 09 DE FEBRERO DE 2015.

Antecedentes
La estudiante LIGIA MARIA BARRIOS GIRON de la carrera de Ingeniería Industrial solicitó a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de flexión, tensión, permeabilidad y compresión a tableros aglomerados de tetrabrik con pliegos de recubierta de polialuminio. Los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis, "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ROBUSTO PARA LA FABRICACION DE TEJAS DE TETRABRIK, EN EL CII DE LA USAC."

Resultados

Ensayo de Flexión

Numero	Largo cm	Ancho cm	Espesor cm	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
01	29.67	22.33	1.029	52.50	74.94
02	29.8	22.35	1.339	40.00	33.72

Ensayo de compresión

Numero	Largo cm	Ancho cm	Espesor cm	Area cm ²	Carga kg	Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa	Psi
01	15.5	5.13	4.93	25.65	275.00	10.72	1.051	152.47
02	15.43	5.20	4.90	26.00	400.00	15.38	1.508	218.75

Ensayo de tensión

Numero	Ancho cm	Espesor cm	Area cm ²	Carga kg	Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa	Psi
01	1.806	0.750	1.35	75.00	101.25	9.929	1440.09
02	1.709	0.735	1.25	35.00	28.00	2.750	398.25
03	1.709	0.735	1.25	35.00	72.52	7.110	1031.32

Prueba de Permeabilidad

Permeabilidad a 2 metros columna de agua.
72 horas = 0 %

Atentamente,



M.Sc. Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Jefe Sección Metales y Productos Manufacturados



Vo.Bo. Ing. Telma Maricela Cano Morales
Directora C.I.I.

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12, Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión. 1595

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 2. Inflación, Banco de Guatemala

**RECUADRO 6
GUATEMALA: AÑO ELECTORAL Y ESTABILIDAD MACROECONÓMICA**

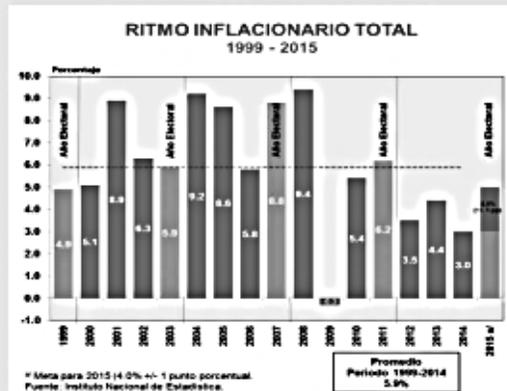
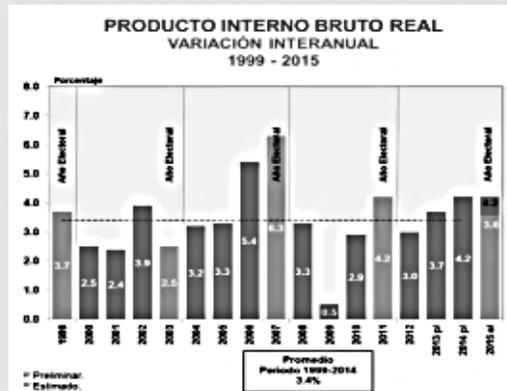
Durante los últimos años ha crecido el interés en conocer el probable efecto de los años electorales en la estabilidad macroeconómica de un país. Ciertamente, la atención se ha dirigido también hacia los posibles incentivos políticos que tienen los gobiernos para incrementar sus posibilidades de reelección mediante la generación de ciclos político-económico.

De acuerdo a Drazen, los Ciclos Político-Económico (CPE) se materializan mediante fluctuaciones en las variables macroeconómicas (PIB, desempleo, gasto público, tipo de cambio, inflación, tasa de interés e inversión, entre otros) inducidos por los eventos electorales. En este contexto, existen dos tipos de modelos: oportunistas y partidarios. Los CPE oportunistas son expansiones en la actividad económica que se realizan antes de una elección y son inducidas por las autoridades de turno con el fin de aumentar sus posibilidades de reelección. En cambio, los CPE partidarios son fluctuaciones en las variables macroeconómicas durante o entre los ciclos electorales y son motivados por los objetivos que tienen los diferentes líderes de los partidos políticos.

Al respecto, es importante señalar que en el caso de Guatemala, los períodos electorales no cumplen con los postulados de la teoría del CPE, lo cual permite inferir que la gestión de la política macroeconómica ha sido relativamente independiente de los efectos políticos; sin embargo, según Assael y Larrain (1995) y Setzer (2006), las autoridades salientes de un país podrían tener el incentivo de dejar una buena imagen ante la eventualidad de ser candidatos para otros cargos públicos en futuras elecciones.

En el contexto descrito, cabe mencionar que en el caso de Guatemala, las reformas que se han realizado tanto en el marco institucional y jurídico como en los ámbitos monetario, fiscal, financiero, cambiario y comercial han limitado la probabilidad de que exista un CPE.

Cabe indicar, que los modelos de CPE tienen la dificultad de aislar el efecto de choques no anticipados (internos y externos) sobre la economía, por lo que resulta incorrecto atribuir a los eventos electorales todo el impacto sobre las variables macroeconómicas de interés. De manera general, al examinar dos variables macroeconómicas relevantes en el país se aprecia que, independiente del año electoral, la actividad económica ha crecido positivamente (aproximadamente 3.5% en el período 1999-2015) y la inflación, en promedio, ha sido de un dígito, lo que denota lo planteado por los organismos financieros internacionales y las empresas calificadoras de riesgo, en el sentido de que Guatemala ha tenido un sólido récord de estabilidad macroeconómica.



En resumen, aunque los procesos electorales pueden tener cierta incidencia en las decisiones de ahorro, consumo, producción y empleo, estos no han modificado de manera significativa la trayectoria de las principales variables macroeconómicas del país, ya que el desempeño de las mismas depende, no solo de la coherencia de la política macroeconómica, sino del acontecer del entorno externo como interno, razón por la cual se puede inferir que la gestión macroeconómica en Guatemala se ha venido desacoplando de las consideraciones partidarias-electorales.

Continuación del anexo 2.

C. ENTORNO INFLACIONARIO Y VARIABLES DE POLÍTICA MONETARIA

1. Evolución reciente de la inflación

A marzo de 2015, el ritmo inflacionario se situó en 2.43%, valor que se encuentra por debajo del límite inferior del margen de tolerancia de la meta de inflación establecida por la autoridad monetaria (4.0% +/- 1 punto porcentual). El comportamiento a la baja en el ritmo inflacionario observado desde noviembre de 2014 se encuentra relacionado, básicamente, con el choque externo favorable asociado a la considerable caída del precio internacional del petróleo. Durante el primer trimestre, el comportamiento del Índice de Precios al Consumidor (IPC) se explica, de acuerdo con su impacto, por las alzas en las divisiones de gasto *Alimentos y bebidas no alcohólicas*; *Recreación y cultura*; *Bienes y servicios diversos*; *Restaurantes y hoteles*; y compensado parcialmente por las bajas en las divisiones *Vivienda, agua, electricidad, gas y otros combustibles*; y *Transporte*. Dichas divisiones explican en conjunto el 86.83% de la inflación total observada (gráfica 17).

La división de gasto *Alimentos y bebidas no alcohólicas* (ponderación 28.75%) continúa registrando, en promedio, el mayor impacto dentro del IPC. A marzo mostró una variación interanual de 9.37%, equivalente a 3.9 veces el ritmo de inflación total (2.43%). Los principales grupos de gasto que incidieron en dicho comportamiento fueron: las Hortalizas, legumbres y tubérculos; el Pan y cereales; las Carnes; y las Frutas. En las Hortalizas, legumbres y tubérculos, el alza registrada se explica, principalmente, por los incrementos en el precio medio del Tomate, el Guisquil, el Frijol, el Culantro, la Papa, el Chile pimienta, la Zanahoria y las Otras legumbres y hortalizas que, de acuerdo al MAGA, es resultado de una disminución de producto en el mercado interno asociado a factores estacionales y al incremento en la demanda del mercado externo, especialmente de El Salvador y Honduras.

Fuente: Banco de Guatemala.

