



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

iifi@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Inche Mitma, Jorge; Vergiú Canto, Jorge; Mavila Hinojoza, Daniel; Godoy Martínez, Manuel; Chung Pinzás, Alfonso

Diseño y evaluación de una planta de reciclaje de envases Tetra Pak a pequeña escala

Industrial Data, vol. 7, núm. 2, julio-diciembre, 2004, pp. 7-17

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81670202>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA PLANTA DE RECICLAJE DE ENVASES TETRA PAK A PEQUEÑA ESCALA

Recepción: Noviembre de 2004 / Aceptación: Diciembre 2004

<sup>(1)</sup> Jorge Inche Mitma  
<sup>(2)</sup> Jorge Vergiú Canto  
<sup>(3)</sup> Daniel Mavila Hinojosa  
<sup>(4)</sup> Manuel Godoy Martínez  
<sup>(5)</sup> Alfonso Chung Pinzás

### RESUMEN

El estudio trata sobre el diseño y evaluación de una planta de reciclaje de envases tetra pak a pequeña escala. A partir de la información recopilada, se encontró la ingeniería básica de la planta, incluyendo los aspectos de: diseño del producto, diseño del proceso, diseño de equipos y evaluación económica; a fin de establecer la factibilidad técnica, económica y ambiental para su implementación.

**Palabras Claves:** Reciclaje. Diseño de planta. Envases de cartón.

### DESIGN AND EVALUATION OF TETRA-PAK CONTAINERS' RECYCLING PLANT ON A SMALL SCALE ABSTRACT

This study deals about the design and evaluation of Tetra Pak containers' recycling plant on a small scale. The basic Plant Engineering was found from the information gathered. Some aspects included were: product design, process design, equipment design and costs evaluation, with the aim of determining its technical, economical and environmental capability for its implementation.

**Key words:** Recycling. Plant design. Carton containers.

### INTRODUCCIÓN

El estudio se inicia con los resultados de la investigación sobre el desarrollo de un prototipo a partir de envases reciclados (Rev. Industrial Data, Vol. 6, Nro.2, 2003).

Se recopiló información de iniciativas desarrolladas por CEPIS, PNUMA y la Municipalidad de Surco, en relación al reciclaje de residuos provenientes de los envases de Tetra Pak.

En China y Alemania se han establecido experiencias en materiales, llamados "tectán", utilizados en la industria del mueble y de la construcción.

### MARCO CONCEPTUAL

#### Antecedentes

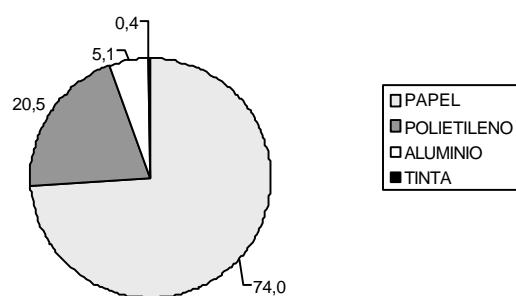
El uso del TECTAN está difundido en Europa, en especial en Alemania esto gracias al impulso dado por la propia empresa TETRA PAK, asimismo en China en donde se le conoce como CHIPTEC, cuenta con 3 fábricas de CHIPTEC y la Agencia China de Protección Ambiental desde 1997 reconoce al CHIPTEC como "una de las tecnologías recomendables, a escala nacional, para la protección del medio ambiente", otro caso es el de Chile donde hubo un programa denominado "Un Techo para Chile" el cual impulsó la construcción de aldeas con este material, esto gracias al CONAMA de Chile y al Hogar de Cristo.

En el caso peruano recién está ingresando esta tecnología, gracias a la misma empresa Tetra Pak; sin embargo aún es incipiente. Primero, se hizo un trabajo de campo recorriendo los principales centros de venta de residuos segregados preguntando si se conocía el envase de Tetra Pak y si era así, cuánto de este producto se vendía como material de reciclaje, las respuestas fueron negativas, el 100% de los encuestados respondieron que no conocían el envase de Tetra Pak. Por otro lado, enseñándoles la muestra se continuó preguntando si es que se recicla este producto, a lo cual respondieron que no comercializan dicho producto.

La segunda parte de la investigación de los antecedentes se llevó a cabo en la Planta de Reciclaje de la Municipalidad de Santiago de Surco, en donde se entrevistó al gerente de dicha planta el General (r) Luis Carlos Baluarte Guevara y manifestó que los envases de Tetra Pak no se venden ya que las empresas no los compran y que al mes segregan cerca de 4 TM de Tetra Pak, los cuales son trasladados al relleno sanitario.

- (1) Magíster en Ciencias. Profesor del Departamento de Diseño y Tecnología Industrial, UNMSM.  
E-mail: jlinche@hotmail.com
- (2) Ingeniero Industrial. Profesor del Departamento de Producción y Gestión Industrial, UNMSM.  
E-mail: jvergiu@unmsm.edu.pe
- (3) Magíster en Ingeniería de Construcción. Actualmente Director del Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, UNMSM.  
E-mail: danielmavila@hotmail.com
- (4) Ingeniero Industrial. Profesor del Departamento de Diseño y Tecnología Industrial, UNMSM.  
E-mail: mgodoymartinez@yahoo.es
- (5) Magíster en Ingeniería Industrial.  
E-mail: ramon\_chung@yahoo.es

>>> *Diseño y Evaluación de una Planta de Reciclaje de Envases Tetra Pak a Pequeña Escala*



**Figura 1.** Composición del Tetra Pak

Fuente: Empresa Tetra Pak, 2002.

#### Caracterización de Envases Reciclados

El uso de la marca Tetra Pak está íntimamente relacionado con el producto "estrella" de esta empresa, en realidad Tetra Pak es el nombre de la empresa y no de los envases. Sin embargo, todo el mundo identifica estos envases con el nombre de la empresa.

Las plantas para Sudamérica se encuentran ubicadas en Colombia y Perú y sólo venden el producto Tetra Pak. Este envase tiene una lámina gruesa compuesta de aluminio, cartón y polietileno, cuya composición se muestra en la Figura 1.

Según datos de proyecciones de la Supervisión Municipal de Servicios de Limpieza (SUMSEL), en el año 2000, Lima Metropolitana genera 1 390 242 toneladas, de estas cantidades sólo el 51,58% se dispone en los rellenos sanitarios, y del resto no se conoce el destino final. Tal como se muestra en el Cuadro 1.

En cuanto a la composición de los residuos sólidos, se tiene información para el año 2000 de la Dirección General de Salud (DIGESA), donde no figura el residuo tetrapak (ver Figura 2).

Con la intención de cuantificar el contenido de envases tetra pak dentro de la basura urbana, se hizo un

muestreo preliminar en 5 puntos del Distrito de Santiago de Surco, obteniéndose 6,88% de tetra pak. Asimismo, los envases de tetra pak en su composición contienen mayor cantidad de polietileno y papel.

Para entender mejor el motivo de la investigación y los resultados es necesario comprender el origen de los envases Tetra Pak.

#### a. La empresa Tetra Pak

La empresa Tetra Pak es una transnacional, se fundó en el año 1952 en Suecia gracias a la idea del Dr. Rubén Rausing sobre un novedoso envase de leche el cual podía conservar su contenido durante meses sin conservante ni refrigeración.

Para entender mejor la filosofía de trabajo de esta compañía se transcribe la visión y la misión ambas extraídas de su página web [www.tetrapak.com.pe](http://www.tetrapak.com.pe):

Visión:

«Nos comprometemos a hacer los alimentos seguros y disponibles en todas partes».

Misión:

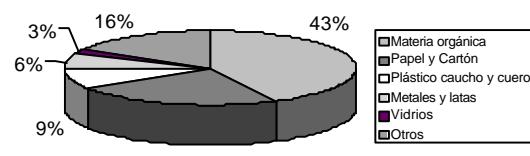
«Trabajamos por y con nuestros clientes para proporcionar las soluciones preferidas de tratamiento y envasado de alimentos. Aplicamos nuestro compromiso con la innovación, nuestro entendimiento de las necesidades del consumidor y nuestra relación con los proveedores para brindar soluciones cuando y donde se consuman alimentos. Creemos en un liderazgo industrial responsable, que apuesta a un crecimiento rentable en armonía con sustentabilidad ambiental y civismo empresarial».

Si se analiza detenidamente la Visión y Misión, se llega a la conclusión de que en efecto responden a la fabricación de productos envasados en las mejores condiciones conforme al requerimiento del consumidor.

**Cuadro 1.** Generación estimada de residuos en Lima Metropolitana (2000)

Distrito	Generación per cápita (Kg/habitante/año)	Generación (TM/año)
Surco	0,840	75 137
43 distritos de Lima Metropolitana	0,567	1 390 242

Fuente: Proyecciones de la Supervisión Municipal de Servicios de Limpieza (SUMSEL). Instituto Cuanto, 2001.



**Figura 2.** Composición de residuos sólidos en Lima Metropolitana

Fuente: Ministerio de Salud. DIGESA. 2000

El envase "Tetra Classic" fue un invento "revolucionario" en su época ya que utilizaba menos material de envase que cualquier otro diseño de cartón, y el material estaba cubierto de plástico en lugar de cera, que era el material utilizado por la mayoría de los envases de ese entonces. Asimismo, la forma de llenar los envases también resultó novedosa, a diferencia de los envases tradicionales de aquel entonces, estos eran alimentados en rollos de cartón y se utilizaban máquinas de formar/llenar/sellar, cerrando herméticamente cada envase.

En el año 1961, la compañía Tetra Pak lanzó un nuevo producto, denominado envase de cartón aséptico; es decir, se incorporó al envase una lámina gruesa de aluminio como barrera y un tratamiento de esterilización de corta duración pero a alta temperatura. Todo esto colocó a la empresa a la vanguardia en lo que a ciencias alimentarias se refiere, tanto así que lo denominaron "el avance más importante en la ciencia de alimentos desde los tiempos de Pasteur"; por otro lado el Instituto de Tecnólogos de Alimentos (Institute of Food Technologists, IFT), en su publicación del año 1989 lo ubicó dentro de las 10 mejores innovaciones en las ciencias alimentarias debido a la seguridad que proporciona a los alimentos.

#### **Madera Sintética como Alternativa**

La madera sintética obtenida de los residuos de los envases Tetra Pak, se denomina Tectan (ver Figura 3), por ser el más conocido de todos los diferentes nombres que recibe en diferentes partes del mundo (Chiptek, Maplar, etc.), su producción está muy difundida en Europa. En cuanto al Perú, aún no se recicla a nivel comercial.



**Figura 3.** Planchas de Tectán

Fuente: Empresa Tetra Pak, 2002.

Los artículos que se pueden fabricar con estas planchas son variados tales como: separadores de ambientes, muebles, carpetas etc.

#### **Diseño de Planta**

El factor principal que da lugar a la decisión de fabricación de un nuevo producto, o a la expansión o modernización de las condiciones presentes, es generalmente de tipo económico y suele ir acompañado de esta pregunta: ¿Cuáles serán las utilidades de esta inversión?. El ingeniero de diseño debe estar en una posición tal que le sea posible dar a la gerencia unos costos de preconstrucción estimados, basados en un diseño preliminar de la planta para la fabricación del producto, para que sea posible llegar a una decisión con bases firmes. Este análisis de diseño de planta preliminar incluye:

- Proceso de fabricación.
- Selección del equipo y materiales del proceso.
- Distribución de planta y consideraciones en cuanto a la localización.
- Costo de fabricación.

#### **MÉTODOS Y RESULTADOS**

##### **Método**

El diseño de planta detallado comprende la siguiente secuencia de pasos:

- a. Ubicación de la planta.
- b. Obtención de datos metereológicos y de sismicidad.
- c. Diseño del producto: Características y atributos del producto.
- d. Diseño del proceso: Etapas del proceso, materias primas, productos intermedios, subproductos, residuos y productos finales. Diagrama de flujo del proceso.
- e. Diseño del equipo: Determinar el equipo y la maquinaria necesarios para la fabricación, en función del tipo de producto o productos.
- f. Fijar el número de unidades de cada máquina y tipo de equipo necesarios para fabricar cada producto en función del volumen de ventas.
- g. Calcular el espacio total requerido para la planta, sumando:
  - El espacio necesario para la maquinaria.
  - Área de desenvolvimiento del operario.
  - Área para el servicio a las máquinas.
  - Área para acceso y salida de materiales.
  - Área para productos terminados.
  - Área para servicios al personal.
  - Área para parqueo y áreas verdes.



Cuadro 2. Características del producto

Item	Característica	Calificación
01	Densidad	800-900 Kg/m <sup>3</sup>
02	Módulo de Rotura* (N/mm <sup>2</sup> )	14,95
03	Módulo de elasticidad* (N/mm <sup>2</sup> )	1 050
04	Absorción de agua a 24 horas	< 1,0 %
05	Hinchazón de agua a 24 horas	< 0,8 %
06	Comportamiento frente a ambiente marino	Sin deterioro
07	Estabilidad dimensional frente a cambios de humedad (longitud)	< 0,5 %
08	Resistencia química (detergente, lejía, HCl)	Muy buena
09	Estabilidad longitudinal frente a cambios de temperatura, 24 horas a 70 °C	0,05 %
10	Comportamiento frente al ataque biológico	Sin deterioro
11	Resistencia al arranque de tornillos	< 1,625 N
12	Resistencia al impacto	Muy buena
13	Mecanizado: cortar, clavar, ...	Muy bueno

Fuente: Pruebas técnicas, según NTC 2261.  
Ensayos Físicos realizados en la Facultad de Ingeniería Industrial, UNMSM

- Prensado

El material triturado se extiende en una capa de aproximadamente 10 cm. Después se somete a compresión mediante una prensa hidráulica a 170°C. El calor funde el contenido de polietileno (PE) que une la fibra densamente comprimida y los fragmentos de aluminio en una matriz elástica.

- Enfriado

La matriz resultante se enfría después rápidamente, formando un duro aglomerado con una superficie brillante e impermeable. El polietileno es un agente de unión muy eficaz, de manera que no es necesario añadir cola u otros productos químicos.

mente, formando un duro aglomerado con una superficie brillante e impermeable. El polietileno es un agente de unión muy eficaz, de manera que no es necesario añadir cola u otros productos químicos.

f. Diseño del equipo

- Trituradora de cuchillas

Está diseñada específicamente para soportar una gran carga de materiales para su triturado. El cuerpo de la maquinaria está fabricado en hierro y acero reforzado. Su motor, con cuchillas de acero, se encuentra protegido contra partículas de polvo, puede triturar toda clase de materiales de plástico. Las cuchillas de esta trituradora, funcionan de manera similar a tijeras haciendo simple el triturado, sin la necesidad de pulverizar ni de utilizar calor. Las dos bocas de alimentación de material, se encuentran convenientemente ubicadas para una fácil disposición del material a pulverizar (ver Figura 6 y Cuadro 3).

- Prensa Hidráulica

Ocupa un amplio campo de la industria de la transformación, esto se debe a las múltiples posibilidades de reglajes que ofrece el mando electrohidráulico, ya que se puede adaptar la máquina al proceso de transformación, a las características del material y a su configuración (ver Figura 7). Por su diseño, el bastidor de la prensa puede absorber cargas muy elevadas con una deformación mínima, y así

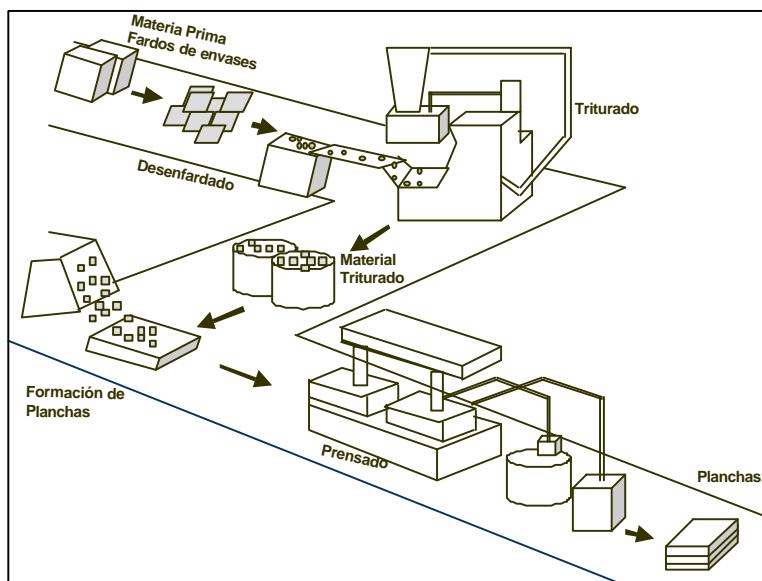


Figura 5. Proceso de fabricación del tectán

>>> Diseño y Evaluación de una Planta de Reciclaje de Envases Tetra Pak a Pequeña Escala

**Cuadro 3.** Características de la trituradora de cuchillas

Item	Característica	Especificación
01	Volumen - TOLVA (m <sup>3</sup> )	6
02	Superficie de trabajo (mm)	1500 x 1100
03	Nº de árboles	2
04	Nº de árboles (RPM)	13/8
05	Nº de cuchillas de 75 mm	20
06	Nº Cuchillas de 100 mm	15
07	Potencia de motor (KW)	75
08	Tensión (V)	220/380/440
09	Corriente (A)	240/140/120
10	Peso (Kg)	13000



**Figura 6.** Trituradora de cuchillas

realizar piezas de gran precisión. El prensado se efectúa en caliente para las planchas de tetra pak. Para ello, los moldes están en contacto con la resistencia eléctrica que genera calor.

La prensa hidráulica tiene la siguiente especificación:

- Tonelaje: 150
- Mesa: 2050 x 800 mm.
- Peso: 10 Toneladas.
- Mandos: Manual y con pedal.

#### g. Superficie de la planta

La superficie de los equipos se determina sumando los siguientes rubros: la superficie del equipo, área de desenvolvimiento del trabajador y superficie de almacenamiento de entrada y salida, dando por resultado 43 m<sup>2</sup>, conforme al Cuadro 4. La superficie de instalaciones y servicios auxiliares resulta 208 m<sup>2</sup>, conforme al Cuadro 5.

Por consiguiente la superficie de la planta incluye los componentes de los cuadros 4 y 5, resultando una superficie total de 251 m<sup>2</sup>. Asimismo, la distribución de planta (con un 13% de sobredimensionamiento) se muestra en la Figura 8.

#### h. Evaluación económica de la planta

##### • Inversión inicial

Comprende la inversión fija tangible e intangible más el capital de trabajo, mostrado en el Cuadro 6.

##### • Costo de producción

Incluye los costos de materiales directos e indirectos, mano de obra directa e indirecta y gastos generales de fabricación (depreciación y servicios), mostrados en los cuadros 7, 8, 9, 10 y 11.

##### • Costo total anual

Incluye el costo de producción más los costos de administración obtenidos de los cuadros 12, 13 y 14, tal como se muestra en el Cuadro 15.

##### • Depreciación total

Incluye la depreciación de los costos indirectos de producción y la depreciación de los costos administrativos, mostrados en el Cuadro 16.

##### • Ingresos

De acuerdo a la capacidad de planta se estima una producción de 126 planchas/día generando un ingreso anual de 226 800 dólares (ver Cuadro 17).

##### • Flujo de caja

A partir del flujo de caja (ver Cuadro 18) el estudio se evalúa con el Valor Actual Neto



**Figura 7.** Prensa hidráulica

Cuadro 4. Superficie de los equipos

Máquina/Equipo	Superficie del equipo (m <sup>2</sup> ), incluye mesa de trabajo	Área de desenvolvimiento	Superficie de almacenamiento (m <sup>2</sup> ), incluye lugar para herramientas y utensilios	Superficie total (m <sup>2</sup> )
Prensa hidráulica (2)	12	4	2	18
Trituradora de cuchillas	7	4	3	14
Sierra circular	2	2	3	7
Intercambiador de calor	2	--	2	4

Cuadro 5. Superficie de instalaciones y servicios auxiliares

INSTALACIONES	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
Almacenamiento de materia prima	40
Almacenamiento de producto terminado	40
Taller de mecánica	20
Oficinas	48
Servicios higiénicos	20
Playa de estacionamiento	40
<b>TOTAL</b>	<b>208</b>

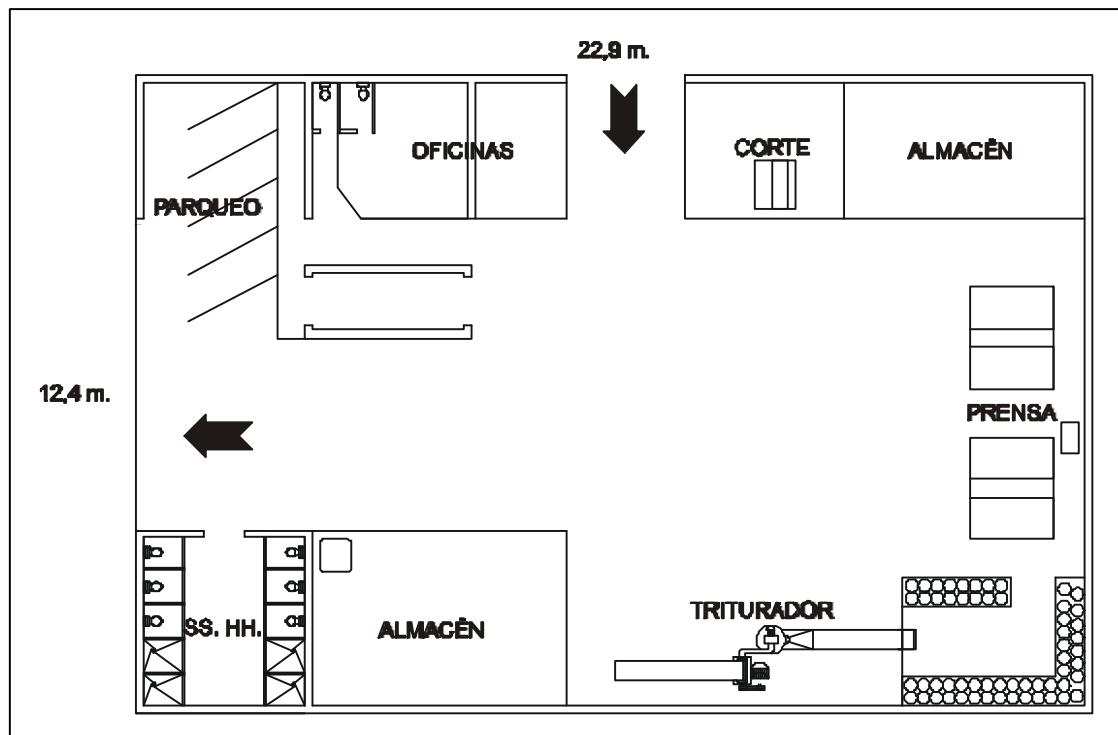


Figura 8. Distribución de la planta

&gt;&gt;&gt; Diseño y Evaluación de una Planta de Reciclaje de Envases Tetra Pak a Pequeña Escala

**Cuadro 6.** Inversión inicial (en dólares americanos)

RUBRO	C UNITARIO*	CANTIDAD	MONTO
<b>A) INVERSIÓN EN TANGIBLES</b>			
Obras Civiles		40000	
Terreno		60000	
Resistencia eléctrica (8)		1992	
bomba de Agua refrigerante		800	
Extractor centrífugo		1500	
Intercambiador de calor		2000	
Prensa Hidráulica en Caliente		36057	
Prensa Hidráulica en Frio		22372	
Molino de Cuchillas		22031	
Ciclón Recuperador		4552	
Sierra Circular		600	
Zaranda Vibratoria		5623	
Faja Transportadora		4415	
Cooler		5087	
Escritorios	30	4	120
Sillas	21	12	252
Computadoras	700	3	2100
Impresora	200	3	600
<b>TOTAL</b>			<b>210101</b>
<b>B) INVERSIÓN EN INTANGIBLES</b>			
Estudios previos (5% de la inversión)			14751
Constitución			500
<b>TOTAL</b>			<b>15251</b>
<b>C) CAPITAL DE TRABAJO (1 Mes)</b>			
Capital de Trabajo**			84425
<b>INVERSIÓN TOTAL (A + B + C)</b>			
A) INVERSIÓN EN TANGIBLES			210101
B) INVERSIÓN EN INTANGIBLES			15251
C) CAPITAL DE TRABAJO (1 Mes)			84425
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>			<b>309777</b>

Fuente: Elaboración Propia

(\*) Incluye IGV

(\*\*) Se ha determinado un mes de costos totales sin incluir la depreciación, ya que sólo es necesario financiar los costos del primer mes debido a que con sus utilidades se financia el mes siguiente

**Cuadro 7.** Consumo de energía

EQUIPOS	Potencia (KW)	Tiempo de Operación (h)	Consumo de energía (KWh)	Corriente eléctrica (A)
Molino de cuchillas	22,5	2	45	100
Prensa hidráulica (2)	11,25	9	202,5	100
Resistencia eléctrica (8)	20	8	160	90
Bomba de Agua-Refriger.	0,75	10	15	7,0
Zaranda vibratoria	0,75	2	1,5	3,5
Extractor centrífugo	1,5	2	3	7
Intercambiador de calor	0,375	4	3	3,5
Faja transportadora	0,75	10	15	7
Sierra circular	1,5	5	15	14
Iluminación	2,3	10	23	11
<b>CONSUMO TOTAL</b>			<b>483</b>	<b>343</b>

**Cuadro 8.** Costos indirectos (en dólares americanos)

RUBRO	MENSUAL	ANUAL
Jefe de Planta	424	5088
Depreciación	966	11592
Energía eléctrica	1167	14004
Aqua	38	456
Teléfono	60	720
Imprevistos 5%	133	1596
<b>TOTAL</b>	<b>2788</b>	<b>33456</b>

Fuente : Elaboración propia

**Cuadro 9.** Costo de mano de obra de producción (en dólares americanos).

RUBRO	BASICO (S./)	BASICO (\$)	BBSS	APORTACIONES	C. UNIT.(\$)	CANTIDAD	MONTO (\$)	
Jefe de Planta	1000	303	76		45	424	1	424
Obrero	700	212	53		32	297	10	2970
<b>TOTAL</b>								<b>3394</b>

Fuente : Elaboración propia

(\*) BBSS corresponde 25% y Aportaciones 15%, ambos del básico

**Cuadro 10.** Depreciación del costo indirecto de producción (en dólares americanos).

RUBROS	MONTO INICIAL	MESES	RESCATE	MENSUAL
Obras Civiles	40000	360	0	111
Computadora	700	60	0	12
Impresora	200	60	0	3
Prensa Hidráulica en	36057	120	0	300
Prensa Hidráulica en	22372	120	0	186
Molino de Cuchillas	22031	120	0	184
Ciclón Recuperador	4552	120	0	38
Sierra Circular	600	120	0	5
Zaranda Vibratoria	5623	120	0	48
Faja Transportadora	4415	120	0	37
Cooler	5087	120	0	42
<b>TOTAL</b>				<b>966</b>

Fuente : Elaboración propia

**Cuadro 11.** Costo de producción (en dólares americanos)

RUBRO	MENSUAL	ANUAL
Materia Prima	758	9096
Mano de Obra Obreros	2970	35640
Costos indirectos	2788	33456
<b>TOTAL</b>	<b>6516</b>	<b>78192</b>

Fuente: Elaboración propia  
(\*) 1 TM de Tetra Pak= US \$15.00

**Cuadro 12.** Costo de personal administrativo (en dólares americanos)

RUBRO	BÁSICO (\$.)	BÁSICO (\$.)	BBSS*	APORTACIONES*	TOTAL (\$)
Gerente General	1500	455	114	68	637
Secretaría	750	242	61	36	339
<b>TOTAL</b>					<b>976</b>

Fuente: Elaboración propia  
(\*) BBSS corresponde 25% y Aportaciones 15%, ambos del Básico

**Cuadro 13.** Depreciación de los costos administrativos (en dólares americanos)

RUBROS	MONTO INICIAL	CANTIDAD	MONTO TOTAL	AÑOS	RESCATE	DEPRECIACIÓN	
						ANUAL	MENSUAL
Escritorios	30	4	120	10	0	3	0
Sillas	21	12	252	10	0	2	0
Computadoras	700	2	1400	5	0	140	12
Impresora	200	3	600	5	0	40	3
<b>TOTAL</b>						<b>185</b>	<b>15</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 14.** Costos administrativos (en dólares americanos)

RUBROS	MENSUAL	ANUAL
Gerente General	637	7644
Secretaria	339	4068
Contador (Tiempo Parcial)	242	2904
Depreciación Utiles de Oficina	15	185
Consumo de energía	20	240
Consumo de Agua	10	120
Teléfono	90	1080
Transporte	76	912
Imprevistos 5%	71	852
<b>TOTAL</b>	<b>1500</b>	<b>18005</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 15.** Costo total anual (en dólares americanos)

RUBRO	MONTO (en US \$)
Costos de Producción	78192
Costos de Administración	18005
<b>TOTAL</b>	<b>96197</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 16.** Depreciación total anual (en dólares americanos)

DEPRECIACIÓN	MONTO
Costo indirecto de producción	11587
Costos administrativos	185
<b>TOTAL</b>	<b>11772</b>

Fuente: Elaboración propia

&gt;&gt;&gt; Diseño y Evaluación de una Planta de Reciclaje de Envases Tetra Pak a Pequeña Escala

**Cuadro 17.** Ingresos (en dólares americanos)

RUBRO	MONTO	UNIDAD
Precio por plancha	6	\$/plancha
Producción Diaria	126	plancha/día
Ingreso Diario	756	\$/día
1 mes	25	días/mes
Ingreso Mensual	18900	\$/mes
1 año	12	meses/año
Ingreso Anual	226800	\$/año

Fuente : Elaboración propia

**Cuadro 18.** Flujo de caja (en dólares americanos)

RUBRO/AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>INGRESOS</b>											
Ingresos por venta		226800	226800	226800	226800	226800	226800	226800	226800	226800	226800
Valor Residual											26660
Retorno Capital de Trabajo											84425
<b>INGRESO TOTAL</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>226800</b>	<b>337885</b>
<b>EGRESOS</b>											
Inversión	309777										
Costo Total (sin depreciación)		84425	84425	84425	84425	84425	84425	84425	84425	84425	84425
Depreciaciones		11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772
Amortización de Intangibles		3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
<b>EGRESOS TOTALES</b>	<b>309777</b>	<b>100010</b>	<b>100010</b>	<b>100010</b>	<b>100010</b>	<b>96197</b>	<b>96197</b>	<b>96197</b>	<b>96197</b>	<b>96197</b>	<b>96197</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>											
Utilidad antes de impuestos	-309777	126790	126790	126790	126790	130603	130603	130603	130603	130603	241688
<b>FLUJO DE CAJA</b>											
Impuestos (30%)	0	38037	38037	38037	38037	39181	39181	39181	39181	39181	72506
Utilidad después de Impuestos	-309777	88753	88753	88753	88753	91422	91422	91422	91422	91422	169182
Amortización de Intangibles		3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
Depreciaciones		11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772	11772
Utilidad Neta	-309777	104338	104338	104338	104338	103194	103194	103194	103194	103194	180954
Reemplazo de Computadoras						2700					
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-309777</b>	<b>104338</b>	<b>104338</b>	<b>104338</b>	<b>104338</b>	<b>100494</b>	<b>103194</b>	<b>103194</b>	<b>103194</b>	<b>103194</b>	<b>180954</b>

Fuente : Elaboración propia

**Cuadro 19.** Evaluación económica

INDICADOR	RESULTADO
VAN (en Dólares)	300271
TIR	32%
B/C	2.37
Periodo de Recupero	3 años
TASA DE CORTE (%)	12

Fuente: Elaboración propia

(VAN), la Tasa de Interna de Retorno (TIR) y, el valor Beneficio/Costo (B/C) mostrados en el Cuadro 19.

nas características para favorecer otras. En ese sentido, es necesario enfocar los beneficios que se recibirán en la disposición. Para ello es conveniente eliminar obstáculos en la trayectoria de los materiales.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En el estudio se parte de una disposición en "U" de las etapas del proceso. En realidad, no existe ninguna disposición perfecta, se habrá tenido que sacrificar algu-

La capacidad de planta se determina según la demanda del mercado, en el estudio se considera una producción diaria de 126 planchas. Si esta producción se duplica se emplearía un turno adicional y el costo de producción disminuiría en un 10%.

El cuello de botella en la cadena productiva se localiza en la prensa hidráulica; ya que cada plancha implica 4 a 4,5 minutos de duración y en las 8 horas de trabajo se producen 126 planchas, el cual es la capacidad máxima tomada en el estudio.

Al respecto, es conveniente realizar modificaciones en la prensa hidráulica de manera que simultáneamente se pueda comprimir al menos 3 planchas, a fin de garantizar el incremento de la producción.

#### CONCLUSIONES

El sector industrial debe impulsar el reciclaje de envases tetra pak para la creación de pequeñas empresas, considerando la disponibilidad de residuos.

Con el análisis económico se demuestra la viabilidad de la implementación de la planta de reciclaje de envases tetra pak.

La fabricación de planchas de aglomerados tiene múltiples aplicaciones en la mueblería y en la construcción, por la diferencia de costos con la madera.

Es posible lograr en la comunidad de segregadores informales el comercio de envases usados de tetra pak, al inicio con un precio de US \$15/TM, base para determinar el costo de materia prima.

Es necesaria la recuperación de los envases usados de tetra pak por dos razones principales: la contaminación que provocan y el valor económico que representan para el reciclado.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. CONAMA (2002). *Reciclaje Masivo - Acción Comunitaria*. En: [www.conama.cl/rm/568/article-2272.html](http://www.conama.cl/rm/568/article-2272.html)
2. CONAMA (2002). *Reciclaje Masivo - Recolección*. En: [www.conama.cl/rm/568/article-1342.html](http://www.conama.cl/rm/568/article-1342.html)
3. Ciudad Viva (2002). *Campaña*. En: [www.ciudadviva.cl/basura/tpak.html](http://www.ciudadviva.cl/basura/tpak.html)
4. Jaan Koel (2002). *Foundations for Sustainability*. En: [www.rco.on.ca/intro/upcoming/23\\_2002/J\\_Koel.doc](http://www.rco.on.ca/intro/upcoming/23_2002/J_Koel.doc)
5. Tetra Pak (2003). *Información de la Empresa Tetra Pak*. En: [www.tetrapak.com.pe](http://www.tetrapak.com.pe)
6. Umweltbundesamt (2003). *Facts and Figures*. En: [www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/index.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/index.htm)
7. Ulrich, Gael D. (1998). *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería*. Editorial Interamericana. México.