



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE RECICLAJE DE POLIETILENO

Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental.

TESISTAS:

DENISSE VILLAVICENCIO VARELA
MAGDALENA ZEISS VALDERRAMA

PROFESOR GUÍA:

OCIEL COFRÉ CARVAJAL

I. Introducción

En Chile y el mundo, el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos se ha vuelto un tema de gran importancia e interés, ya que, los municipios deben incurrir en altos costos para desarrollar la labor de recolección y disposición. Además, debido al aumento en la generación de desechos, la vida útil de los lugares de disposición disminuye y es necesario utilizar nuevos espacios, con la consecuente pérdida de recursos y paisaje.

Dentro de los Residuos Sólidos Urbanos, los plásticos son de especial interés, ya que, debido a su compleja composición química y estabilidad, hacen que su descomposición en el ambiente sea mucho más lenta, por lo tanto, se acumulan durante mucho tiempo, tanto en los lugares de disposición como en el paisaje, contaminando aguas y suelos.

En Chile, los plásticos representan aproximadamente un 6% en peso y 20% en volumen del total de residuos; y su producción ha tenido un sostenido nivel de crecimiento, destacándose el sector de envases de tipo film o película, donde la principal materia prima es el Polietileno de Alta Densidad y Polietileno de Baja Densidad.

La necesidad de minimizar la cantidad de estos residuos que van a dar a los sitios de disposición, ha conducido a considerar como una alternativa potencial, la posibilidad de recuperar materiales plásticos mediante el reciclaje y, trabajando principalmente con campañas de recolección a nivel escolar, lo que permite introducir de forma activa, la educación ambiental, como parte de un proceso educativo integral y además, se consigue inculcar en los niños la importancia de conservar los recursos naturales para el futuro.

Una vez que los niños comprenden la importancia del reciclaje, influyen en el resto de su familia, permitiendo que los residuos generados en los hogares se trasladen al establecimiento y de esta forma, es posible disminuir los costes en la recolección de material, ya que, se trabaja de forma centralizada con establecimientos educacionales.

Este proyecto, pretende dar una posible solución al manejo de residuos plásticos; incorporando el reciclaje primario, a través de la instalación de una Planta de Reciclaje, como una alternativa eficaz en la disminución de desechos que van a dar a lugares de disposición, ya que, permite reintroducir estos materiales a los procesos productivos, convirtiéndolos nuevamente en materia prima utilizable.

II. Objetivos

2.1 Objetivo General

Proponer una estrategia para el manejo de residuos plásticos tipo película o film, de polietileno de alta y baja densidad, a través de la instalación de una planta de reciclaje; lo que permitiría transformar estos residuos en materia prima utilizable.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de mercado del rubro plásticos en la Provincia de Valparaíso.
- Aplicar y evaluar una campaña piloto de reciclaje de polietileno, en un establecimiento educacional de la quinta región, durante un período de prueba.
- Determinar la factibilidad técnica del proyecto.
- Determinar la viabilidad económica del proyecto.
- Estudiar y aplicar el marco legal y la dimensión ambiental vigente en Chile, asociada a la instalación de plantas industriales.
- Determinar el impacto del proyecto en la disminución de plásticos que van a dar a vertederos.

III. Aspectos Generales

3.1 Residuos Sólidos Urbanos

Los primeros seres humanos no tenían una estrategia de residuos sólidos en sí, sencillamente porque la existencia de los cazadores-recolectores no la requería. Probablemente, el hecho de no permanecer en un lugar el tiempo suficiente como para acumular una cantidad de residuos importante, y la necesidad de utilizar los escasos recursos al máximo, no originaba ninguna inquietud o acción. Sin embargo, cuando los seres humanos empezaron a asentarse en comunidades permanentes, con mayores concentraciones de individuos y actividades generando residuos, se puso de manifiesto la necesidad de una gestión de los residuos. (Lund, 1996)

Los niveles de vida que alcanzan las poblaciones en determinados momentos, junto con los cambios introducidos por el desarrollo industrial y tecnológico en hábitos y costumbres, lleva a un mayor consumo de bienes, lo que a su vez se traduce en una mayor facilidad para desechar. (Guerrero y Silva, 2000)

La Environment Protection Agency de los Estados Unidos "entiende como residuo sólido cualquier basura, desperdicio, lodo y otros materiales sólidos de desechos resultantes de las actividades industriales, comerciales y de la comunidad. No incluye sólidos o materiales disueltos en las aguas de los canales de irrigación, ni otros contaminantes comunes en el agua". (Guerrero y Silva, 2000)

La propuesta política "Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos", define residuo como: "*Material que no tiene valor económico para su generador. En esta clasificación se encuentran materiales con un valor económico para terceros, los que pueden reutilizarlos, reclamarlos y/o reciclarlos*". (Guerrero y Silva, 2000)

Los Residuos Sólidos Urbanos (en adelante RSU) consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. También se agregan otras fuentes como por ejemplo establecimientos educacionales, casinos de industrias y hospitales, que presentan composiciones similares a los RSU. (Guerrero y Silva, 2000)

La fracción orgánica de los RSU está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales férreos, y suciedad. (Tchobanoglous, 1994)

Los RSU, además incluyen artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, productos de línea blanca, residuos de jardín que son recogidos por separado, baterías, aceite y neumáticos. (Tchobanoglous, 1994)

3.1.1 Residuos Sólidos Urbanos en Chile

La generación de RSU en Chile, tiene su principal productor en la Región Metropolitana, con más de la mitad de la generación total del país, seguido con un 10,2% por la V Región, como puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Producción de residuos sólidos urbanos en Chile.

REGIÓN	POBLACIÓN (X 1000 HAB)	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS			
		ton/día	ton/mes	ton/año	%
I	352.654	233	6.990	83.880	2,5
II	430.423	284	8.520	102.240	3,1
III	231.697	153	4.590	55.080	1,7
IV	394.088	260	7.800	93.600	2,8
V	1.354.932	948	28.440	341.280	10,2
R.M.	5.552.647	5.053	151.590	1.819.080	54,5
VI	494.085	296	8.880	106.560	3,2
VII	544.403	327	9.810	117.720	3,5
VIII	1.467.816	881	26.430	317.160	9,5
IX	536.138	322	9.660	115.920	3,5
X	649.072	389	11.670	140.040	4,2
XI	65.801	40	1.200	14.400	0,4
XII	140.127	84	2.520	30.240	0,7
Total	12.213.883	9.270	278.100	3.337.200	100

Fuente: Estudios BID/MIDEPLAN (1995).

Composición

La composición de los RSU a lo largo del país, experimenta variaciones por diversos factores, como: nivel socioeconómico de la población, características climáticas, costumbres, actividades económicas, etc. Esto puede observarse en la Tabla 2, donde se expone la composición de residuos en diferentes ciudades del país.

Tabla 2: Composición de residuos sólidos urbanos en diferentes ciudades de Chile (% en peso base húmeda).

COMPONENTE	CIUDAD				
	Santiago	Antofagasta	Concepción	Talcahuano	Puerto Montt
Materia Orgánica	49.5	32.9	60.0	61.0	57.8
Papeles y Cartones	18.8	20.2	12.3	13.4	6.1
Tierra y cenizas	5.9	-	-	-	-
Plásticos	10.2	12.0	6.3	5.5	4.4
Textiles	4.3	-	-	-	1.3
Metales	2.2	8.7	1.9	4.5	2.3
Vidrios	1.6	9.18	2.6	1.9	3.1
Otros	7.5	16.8	15.9	13.7	25.6

Fuente: Estudios BID/MIDEPLAN (1995).

3.1.2 Residuos Sólidos Urbanos en la Quinta Región

En la V Región, específicamente en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, la composición de RSU, que se aprecia en la Tabla 3, presenta un alto contenido de materia orgánica. Los residuos plásticos tienen un aporte del 5 - 8% y esto los ubica en el tercer lugar de aporte, del total de RSU.

Tabla 3: Composición de residuos en la V Región (% en peso en base húmeda).

COMPONENTE	VALPARAÍSO	VIÑA DEL MAR
Materia Orgánica	58-67 %	54-69 %
Papeles y Cartones	9-13 %	12-23 %
Tierra y Vegetales	-	-
Plásticos	5- 6 %	5- 8 %
Textiles	2-5 %	1-2 %
Metales	1-2 %	1-2 %
Vidrios	1-2 %	1-4 %
Otros	0-1%	0-1%

Fuente: Estudios BID/MIDEPLAN (1995).

Disposición final de los Residuos Sólidos

No todas las localidades urbanas que cuentan con servicio de recolección realizan disposición final sanitaria de los residuos recolectados. Son muchas las localidades cuyos residuos, luego de recolectados se disponen en vertederos a cielo abierto. No obstante lo anterior, la población que es atendida con sistemas sanitarios de disposición final, alcanza al 85% del total de la población urbana que goza de servicios de recolección. (Guerrero y Silva, 2000)

Al año 2000, existían en la V Región 19 sitios de disposición final de RSU, que se muestran a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4: Sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos en la V Región.

SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	UBICACIÓN (COMUNA)	COMUNAS QUE ATIENDE	RECEPCIÓN (Ton/día)	POB. ATENDIDA (Hab)	PRODUCCIÓN PER CÁPITA (Kg/hab día)
Provincia de Petorca					
Chincolco	Petorca	Petorca	4	9.512	0,42
Pequeño	Cabildo	Cabildo	8	18.997	0,42
Papudo	Papudo	Papudo, Zapallar, La Ligua	20	38.639	0,52
Recepción total diaria y Producción per cápita promedio			32	67.148	0,48
Provincia de Los Andes					
Las Bandurrias	San Esteban	Los Andes, San Esteban, Calle Larga, Rinconada	56	149.202	0,38
Recepción total diaria y Producción per cápita promedio			56	149.202	0,38
Provincia de San Felipe de Aconcagua					
La Hormiga	San Felipe	San Felipe, Panquehue, Catemu	53	78.938	0,67
Santa María	Santa María	Santa María	5	12.693	0,39
Putendo	Putendo	Putendo	5	13.457	0,37
Recepción total diaria y Producción per cápita promedio			63	105.088	0,60
Provincia de Quillota					
Santa teresita	Quillota	Quillota	45	71.374	0,63
Limache	Limache	Limache, La Cruz, Olmué	35	62.441	0,56
Nogales	Nogales	Nogales, Calera, Hijuelas, Llay-Llay	59	105.381	0,56
Recepción total diaria y Producción per cápita promedio			139	239.196	0,58
Provincia de Valparaíso					
El Molle	Valparaíso	Valparaíso	360	292.351	1,23
Lajarilla	Viña del Mar	Viña del Mar, Concón	298	327.295	0,91
Quilpué	Quilpué	Quilpué	63	114.689	0,55
Villa Alemana	Villa Alemana	Villa Alemana	55	80.401	0,68
Casa blanca	Casa blanca	Casablanca	10	18.003	0,56
Quintero	Quintero	Quintero	10	19.493	0,51
Puchuncavi	Puchuncavi	Puchuncavi	5	11.969	0,42
Recepción total diaria y Producción per cápita promedio			801	864.201	0,93
Provincia de San Antonio					
San Antonio	San antonio	San antonio, Cartaena, Santo Domingo, Algarrobo, El Tabo, El Quisco	86	111.399	0,77
Blumenber	San Antonio	El Tabo, El Quisco	8	12.365	0,65
Recepción total diaria y Producción per cápita promedio			94	123.764	0,76

Fuente: Universidad Católica de Valparaíso, 2000. "Diagnóstico para la localización de vertederos en la V Región".

En la Figura 1 se puede observar un plano de distribución de los de los sitios de disposición final de la Región, y la estimación del término de su vida útil.

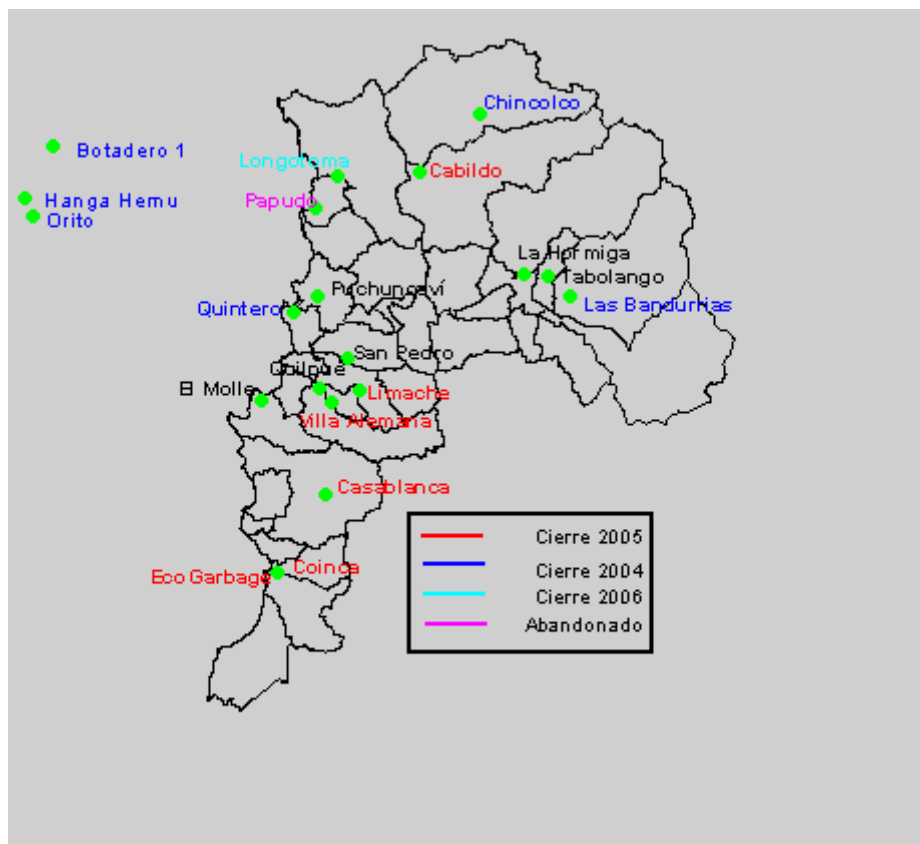


Figura 1: Plano de distribución de los sitios de disposición final de la V Región

Al año 2000, los RSU de las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso se disponían en sitios separados. Actualmente, tras el cierre de Lajarilla, el vertedero El Molle debe recibir no sólo las 360 ton/día generadas por la ciudad de Valparaíso, sino también las 298 ton/día generadas por Viña del Mar y Concón. En la Tabla 5 se indica el estado actual de este vertedero.

Tabla 5: Situación Actualizada al año 2004 de Vertedero El Molle.

<p>EL MOLLE (ETAPA 2) (cierre año 2008)</p>	<p>Cuenta con resolución sanitaria y fue autorizado en el año 1983 conforme a la Resolución N° 2444/80. Presenta un terreno de 93.6 Ha.</p> <p>La etapa 1 fue cerrada en 1998, con su correspondiente plan de cierre.</p> <p>La etapa 2, autorizada en el año 2000, presenta un cierre tentativo para el 2008 y actualmente recibe los RSU de Viña del Mar.</p> <p>El terreno es municipal con administración privada.</p> <p>Presentó en Marzo del 2004, proyecto de planta de tratamiento de lixiviados.</p>
--	---

Fuente: Comisión de Residuos Sólidos Domiciliarios Región de Valparaíso, 2004.

3.1.3 Generación de Residuos Sólidos Urbanos por Nivel Socioeconómico

De acuerdo al “Estudio y Plan de Manejo de Residuos Sólidos en la Ciudad de Viña del Mar” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Valparaíso, la proporción de RSU variará de acuerdo al estrato socioeconómico de la población. La Tabla 6 muestra el caso de la ciudad de Viña del Mar, y la situación para el estrato socioeconómico alto, medio y bajo.

Para el estrato socioeconómico alto se consideraron aquellas viviendas localizadas entre 1 y 4 norte en el sector poniente de la ciudad; para el estrato medio las viviendas localizadas en el sector Achupallas; y las viviendas del sector Forestal Medio para el estrato bajo.

En la Tabla 6 se puede apreciar la variación del porcentaje de generación de RSU dependiendo del estrato de la población.

Tabla 6: Generación de RSU (en %) por estrato socioeconómico en la Ciudad de Viña del Mar

TIPO DE RSU	ESTRATO SOCIOECONÓMICO		
	Alto	Medio	Bajo
Orgánicos	66,63	63,01	40,88
Papel	6,71	11,9	16,55
Cartón	4,65	2,95	4,14
Plásticos	7,69	8,85	8,47
Madera	0	0	1,67
Gomas, cueros	0	2,85	6,01
Textiles	2,05	2,76	5,62
Otros (Pañales, apósitos, etc)	4,12	3,13	4,63
Metales	2,82	2,85	3,05
Vidrios	3,79	1,66	3,84
Tierras y Cenizas	1,52	0	5,12

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Valparaíso, 1996.

La Figura 2 ilustra la variación de generación de RSU dependiendo del estrato socioeconómico.

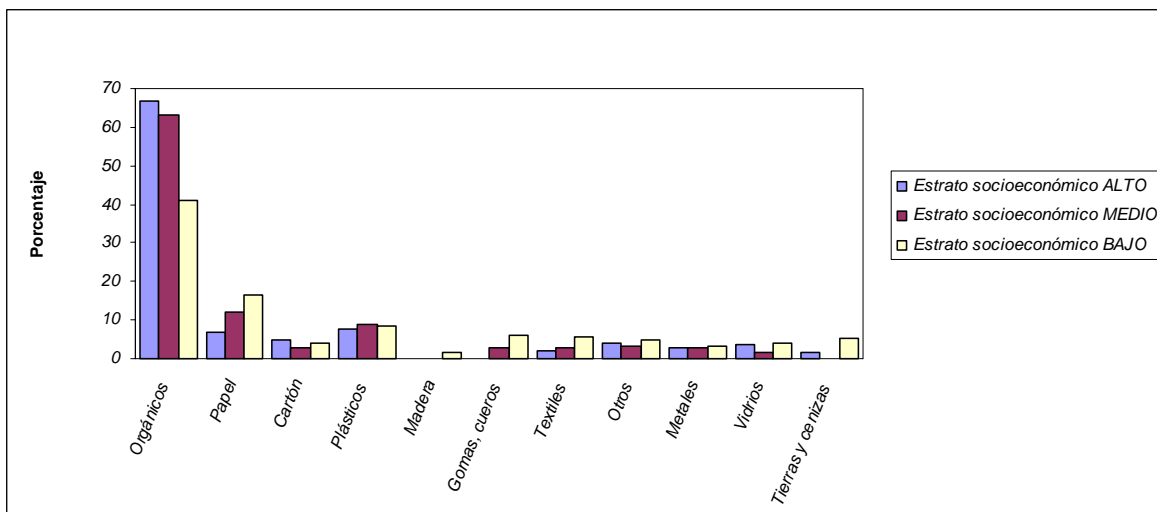


Figura 2: Generación de RSU por estrato socioeconómico en la Ciudad de Viña del Mar.

3.2 Antecedentes Generales del Plástico

3.2.1 Situación a Nivel Internacional

Desde la década de los 70, el consumo de plásticos ha crecido de una forma acelerada y por consiguiente, también lo ha hecho la generación de residuos plásticos. (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

El crecimiento en el uso de los plásticos se ha producido sobre todo en los productos de consumo, ya que han sustituido en gran parte a los metales y al vidrio como materiales para recipientes y al papel como material de embalaje. Los plásticos tienen diversas ventajas: son ligeros, y por lo tanto se reducen los costes de transporte; son duraderos y a menudo proporcionan un recipiente más seguro; pueden presentarse en diversas formas, y pueden ser fabricados para que sean flexibles o rígidos; son buenos aislantes y son aptos para ser usados con comidas húmedas y microondas. (Tchobanoglous, 1994)

En correspondencia con este crecimiento y como un reflejo de los cambios en la producción y en el consumo, la composición de la basura se ha modificado también, habiendo disminuido la proporción de materia orgánica, mientras se ha incrementado la de los materiales plásticos. (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

Entre 1991 y el 2002, el consumo de plásticos per capita se incrementó en Europa Occidental desde 64 hasta 95 kg/habitante/año, con un crecimiento medio del 3 por ciento por año. (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

El consumo de plásticos varía considerablemente de un país europeo a otro. Con un consumo per cápita de 127 kg/habitante/año, el belga medio consume tres veces más que un griego (38 kg/habitante/año). Además, dentro de un mismo país, se observan también diferencias regionales. Por ejemplo, en España, el cultivo bajo plástico está muy extendido en Andalucía, pero no en el norte del país. (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

Resulta ilustrativo el ejemplo de la evolución de los RSU de París. En 1940, el ciudadano de París originaba 240 kg anuales de RSU; estos casi no contenían plásticos, que empezaron a aparecer en la década de 1950. Para 1970, la generación de residuos había aumentado hasta los 415 kg por habitante/año y los plásticos constituían casi el 5 por ciento del cubo de la basura. En 1980, la proporción había ascendido hasta el 8 por ciento de 477 kg. En 1990, el 11 por ciento (de 558 kg) de los residuos estaba formado por plásticos y en el año 2000 la cifra había alcanzado el 13 por ciento (de 588 kg). (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

En los EE. UU., la evolución de los residuos plásticos es similar. En 1960, no formaban parte de los RSU, mientras que en la actualidad representan el 9,9 por ciento. (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

Consumo de plásticos en Europa por Sector

Como puede observarse en la Figura 3, el envasado es la aplicación principal de los plásticos, con más de un tercio del total utilizado para estos fines.

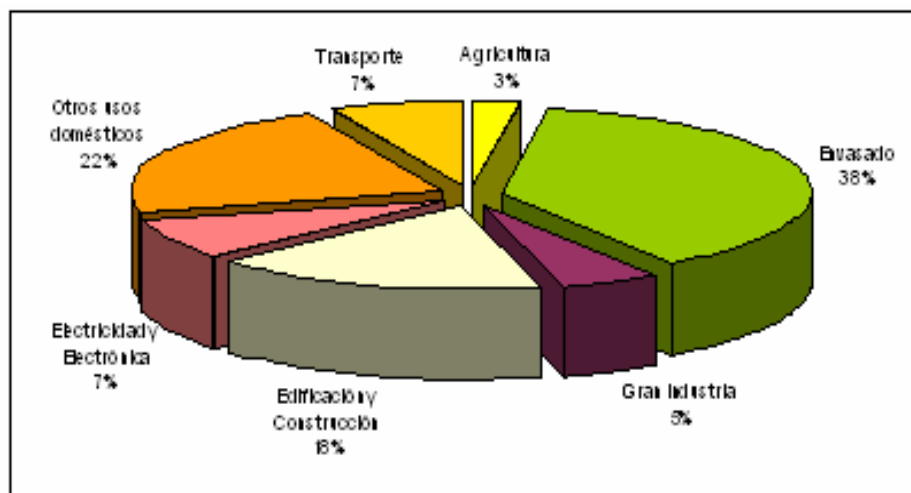


Figura 3: Consumo de plásticos en Europa por sector.

Las aplicaciones domésticas y las de la construcción utilizan unas cantidades similares de plásticos y se trata por lo general de aplicaciones de plazo medio o largo. Los tipos de plásticos que se encuentran en las aplicaciones para la construcción son relativamente restringidos, mientras que los productos domésticos son de una amplia variedad. (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004)

La mayoría de los desechos plásticos se produce después del consumo. En la mayoría de los países, los desechos después del consumo forman parte fundamental de los RSU y de los que generan también los sectores de la distribución y la gran industria, la agricultura, la construcción y demolición y los sectores automotor, eléctrico y electrónico. (PNUMA, 2000)

Los desechos plásticos anteriores al consumo, que representan por regla general menos del 10%, se generan durante la fabricación de plástico virgen a partir de materias primas y durante la conversión del plástico en productos derivados. (PNUMA, 2000)

3.2.2 Situación a Nivel Nacional

El sector plástico chileno ha mantenido un sostenido nivel de crecimiento, debido al fuerte aumento en las exportaciones de Chile al resto del mundo. En el año 2003, las exportaciones, llegaron a una cifra récord de US 500 millones FOB; y se estima que debido a la entrada en vigencia de los TLC con Estados Unidos y Corea del Sur, sigan en su senda de crecimiento. (ASIPLA, 2004)

La industria chilena del plástico es principalmente transformadora, es decir, recibe como materias primas resinas y plásticos (polietileno, poliestireno, polipropileno) y produce artículos para diversos sectores, entre los que se encuentran envases y embalajes, construcción, minería y otros. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

Al año 2002, como se muestra en la Figura 4, existían en la Región Metropolitana un total de 450 empresas transformadoras. De este universo, un 48% corresponde al subsector de envases (producción de envases y embalajes), 13% al subsector industrial, y los subsectores de la construcción y minería agrupan un 9% y un 8% respectivamente. (ASIPLA, 2004)

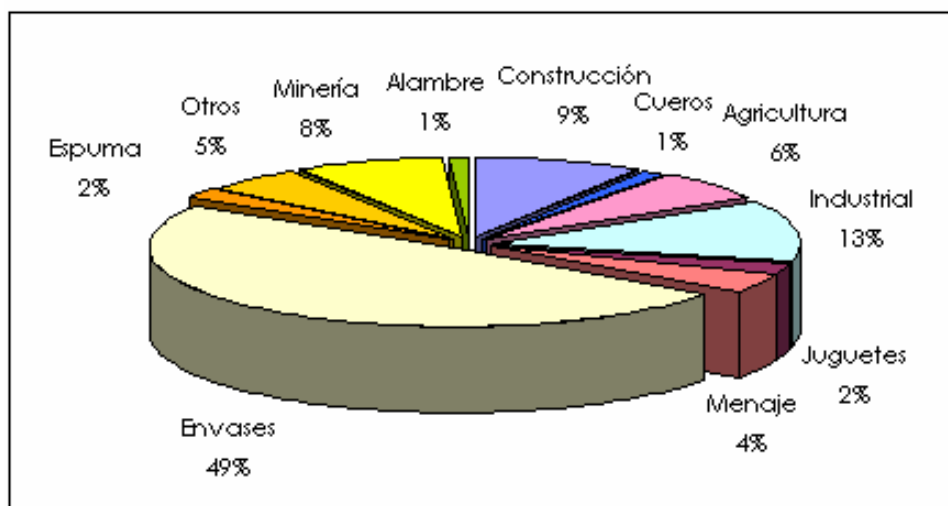


Figura 4: Perfil del sector plásticos año 2002.

Al año 2003 el consumo total de materias primas alcanzó las 553.288 Toneladas métricas. En la Tabla 7 se aprecian las principales materias primas procesadas por la industria plástica, donde el mayor porcentaje corresponde al Polietileno de baja densidad, con un consumo de 22,7%; seguido por el Polietileno de alta densidad (20,5%), y el Polipropileno (15%). (ASIPLA, 2004)

Tabla 7: Principales materias primas procesadas por la industria plástica nacional e importada, en el año 2003.

SIGLA	NOMBRE	PESO (Ton métricas)	%
LDPE	Polietileno de baja densidad	125.751	22,7
HDPE	Polietileno de alta densidad	113.210	20,5
PP	Polipropileno	83.000	15,0
PVC	Suspensión	55.093	9,9
PET	Politereftelato de etileno	40.397	7,3

Fuente: ASIPLA (Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile).

Como ya se ha mencionado, el subsector envases es el de mayor presencia dentro del sector. Los principales envases que se comercializan en Chile se presentan en la Tabla 8 y son los siguientes:

Tabla 8: Principales envases comercializados en Chile.

TIPO DE ENVASE	PARTICIPACIÓN %	PRINCIPALES USUARIOS
Flexibles multicapas	29,3	Supermercados/Alimentos/Tiendas
Sacos, maxisacos y mallas tejidas	3,6	Agricultura/Minería
Cajas, baldes y similares	4,6	Bebidas/Lubricantes y grasas
Tambores y bidones	3,5	Industria de alimentos y agroindustria
Frascos, botellas y similares	5,6	Productos de limpieza y cosmética
Films, Bolsas	38,6	Alimentos/Supermercados
Termoformados	3	Alimentos/Productos lácteos
Zunchos y cordelería	1,1	Sistemas de Embalaje en general
Bins	2,6	Agroindustria
Tapas	0,6	Alimentos/Limpieza/Lubricantes
Botellas PET	7,5	Bebidas analcohólicas

Fuente: Centro de Producción más Limpia, 2002. Opciones de Producción más limpia, Sector Plásticos.

3.2.3 Principales Propiedades y Utilización de los Plásticos

Los elementos que se encuentran más habitualmente en los plásticos son carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, cloro, flúor y bromo. Algunos de ellos son peligrosos en estado puro, pero se vuelven inertes cuando se incorporan en un polímero orgánico.

La mayoría de los plásticos son mezclas de polímeros y aditivos formuladas para que tengan las propiedades exactas que se requieren, para una aplicación concreta. (PNUMA, 2002)

$$\text{Plásticos} = \text{Polímeros} + \text{Aditivos}$$

Polímeros

Los polímeros son macromoléculas constituidas por unidades estructurales repetitivas, cada una de las cuales se puede considerar derivada de un compuesto simple llamado monómero (unidades simples repetidas).

Las características estructurales que determinan las propiedades físicas de los polímeros son: las uniones intermoleculares o entre cadenas, el grado de cristalinidad que puedan formar las cadenas poliméricas y el grado de movimiento de la cadena polimérica. (Vega de Kuyper, 1997)

Uniones entre cadenas o uniones intermoleculares.

Son del tipo unión dipolo-dipolo, unión Van der Waals y de enlace de hidrógeno. Ejemplos de estos tipos de uniones se dan en la Tabla 9.

Tabla 9: Tipos de uniones intermoleculares en polímeros.

UNIÓN ENTRE CADENAS	POLÍMERO	ESTRUCTURA
Dipolo-dipolo	Poliacrilonitrilo	$[-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CN})]_n$
Van der Waals	Polietileno	$(-\text{CH}_2\text{CH}_2-)_n$
Enlace de Hidrógeno	Poliamida	$(-\text{HN}-\text{R}^1\text{NH}-\text{CO}-\text{R}^2-\text{CO})_n$

Fuente: Juan Carlos Vega de Kuyper, 1997. Química Orgánica para Estudiantes de Ingeniería.

Este es el tipo de fuerzas que mantiene unidas las cadenas poliméricas. Cuando la temperatura de los polímeros aumenta, por efecto del calor, las fuerzas intermoleculares se debilitan y las cadenas quedan libres para deslizarse unas sobre otras, por acción de esta fuerza externa. Esto recibe el nombre de "fluidez plástica", por lo que, los polímeros lineales y ramificados son llamados termoplásticos; comportándose como fluidos moldeables, para luego volver a su rigidez original. (Vega de Kuyper, 1997)

Los polímeros de cadenas enlazadas transversalmente pueden dar lugar a la formación de grandes conglomerados tridimensionales de átomos unidos entre sí por fuertes enlaces químicos. En este caso, no existirían fuerzas relativamente débiles como las que mantienen unidas las cadenas largas de los polímeros termoplásticos. Sólo una temperatura muy alta podría romper estos enlaces covalentes, con la eventual degradación del material plástico. (The Open University, 1974)

Cristalinidad.

La disposición espacial de los átomos en una cadena polimérica ejerce una influencia significativa en las propiedades del polímero. Este hecho se manifiesta especialmente en la cristalinidad que poseen algunos polímeros. Existe una analogía, aunque no de una manera exacta, con la cristalización de los materiales no poliméricos, tales como el cloruro de sodio o el n-hexano, en donde los iones o moléculas deben adaptarse en una red cristalina formando un conglomerado que posee un alto grado de ordenación. La forma cristalina de los polímeros adopta una estructura cilíndrica, en donde sus cadenas están alineadas en forma ordenada. (Vega de Kuyper, 1997)

Para que un polímero posea cristalinidad, no debe tener cadenas laterales que interfieran con la disposición ordenada de las cadenas principales y las uniones intermoleculares que las mantienen unidas, deben ser lo suficientemente fuertes como para superar el efecto de desorden, originado por la energía térmica. Así, los enlaces de hidrógeno y las uniones dipolo-dipolo, promueven la cristalinidad y a igualdad de otros factores producen una elevación de la temperatura de fusión. (Vega de Kuyper, 1997)

La cristalinidad ayuda a soportar la tensión sobre una masa polimérica confiriéndole rigidez y resistencia en grado mucho mayor que el que pudieran tener aquellas sustancias cuyas cadenas se enredan sin orden alguno. Ocurre con mayor frecuencia en polímeros poco ramificados o en aquellos en los cuales existe un alto grado de regularidad en las ramificaciones. (The Open University, 1974)

Los cristalitos tienen mayor densidad. Así, el polietileno de baja densidad ($0,915 \text{ g/cm}^3$) posee alrededor de un 60% de cristalinidad, mientras que el de alta densidad ($0,97 \text{ g/cm}^3$) tiene alrededor de 95%. La densidad es, por tanto, una medida conveniente del grado de cristalinidad. (Vega de Kuyper, 1997)

La Figura 5 representa las Uniones Van der Waals entre cadenas que constituyen cristalitos, en el polietileno.

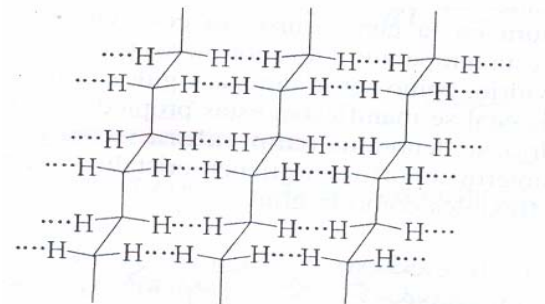


Figura 5: Representación de fuerzas entre cadenas de un cristalito de polietileno.

Movimientos de los segmentos de cadena.

Los movimientos de los segmentos de cadena, constituidos por 40-50 átomos de C, ocasionan ondulaciones, enroscamientos, y otros movimientos que se deben a la rotación de átomos en torno a su enlace, lo que permite el doblamiento y desenrolladura de dichos segmentos. Sin embargo, a bajas temperaturas, los mencionados movimientos de segmentos de cadena se hacen lentos y llega un punto de la temperatura en la cual ocurre un cese virtual del movimiento molecular local. Bajo esta temperatura, los polímeros poseen muchas propiedades asociadas con el vidrio, como la dureza, rigidez, brillo y transparencia, esta temperatura es conocida como *temperatura de vitrificación* (T_v). (Vega de Kuyper, 1997)

A medida que el polímero se calienta y la temperatura se eleva por sobre (T_v), los cristalitas terminan fundiéndose al llegar a la *temperatura de fusión* (T_f). A medida que se aproxima la temperatura a (T_f), la resistencia mecánica del polímero decrece rápidamente, y generalmente es por sobre esta temperatura que el material se encuentra en condiciones de ser moldeado. A temperaturas aún más elevadas, comienza la descomposición por rompimiento de las cadenas poliméricas. La temperatura a la cual ocurre este cambio irreversible se le llama *temperatura de descomposición* (T_d). (The Open University, 1974)

Aditivos

Los distintos tipos y cantidades de aditivos quedan incorporados en el aglomerante del polímero. El uso de aditivos como estabilizantes contra los efectos del calor, la luz o el oxígeno del aire; amplía la vida útil del producto o posibilita aplicaciones concretas. (PNUMA, 2002). En la Tabla 10 se pueden observar los aditivos comúnmente utilizados.

Tabla 10: Aditivos plásticos típicos.

MATERIAL	GRADO DE CONCENTRACIÓN
Antioxidantes	Hasta el 1%
Sustancias para rellenar	Hasta el 40%
Agentes espumantes	Hasta el 2%
Intensificadores de la resistencia al impacto/endurecedores	Hasta el 10%
Pigmentos y tintes	Hasta el 5%
Plastificantes	Hasta el 40%
Termoestabilizadores o fotoestabilizantes	Hasta el 5%
Pirorretardantes	Hasta el 15%

Fuente: PNUMA, 2002. Directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación.

Utilización de Plásticos








Existe una gran variedad de polímeros utilizados como materias primas en la industria transformadora de plástico.

El instituto para los envases de plásticos de la sociedad de la industria del plástico, Inc (SPI), ha desarrollado un sistema de codificación voluntario que identifica a las botellas y otros envases según el tipo de material con el que están fabricados, ayudando así a su clasificación y posterior reciclaje. (Lund, 1996)

El código consiste en una flecha triangular con un número en el centro y unas letras debajo, tal como puede apreciarse en la Tabla 11. La flecha triangular fue elegida para aislar y distinguir el código de otras letras, números e impresiones; y además indica que es un producto reciclable.

El número dentro y las letras debajo, indican la resina utilizada para fabricar el envase. (Lund, 1996)

Tabla 11: Clasificaciones, códigos de identificación y usos para plásticos comunes.

NOMBRE Y SIMBOLOGÍA	CÓDIGO SPI	USOS ORIGINALES
Polietileno tereftalato 	1- PET	Botellas de refrescos carbónicos, recipientes para comida.
Polietileno de Alta Densidad 	2- HDPE	Botellas de leche, botellas de detergentes, productos en forma de lámina tales como bolsas, etc.
Policloruro de Vinilo 	3- PVC	Recipientes domésticos y de comida; tuberías.
Polietileno de Baja Densidad 	4- LDPE	Envases de película fina y envoltorios; otros materiales de lámina.
Polipropileno 	5- PP	Cajas para botellas, maletas, tapas y etiquetas.
Poliestireno 	6- PS	Vasos y platos de espuma; artículos moldeados por inyección.
Otros 	7- Otros	Plásticos no seleccionados

Fuente: Tchobanoglous, 1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos.

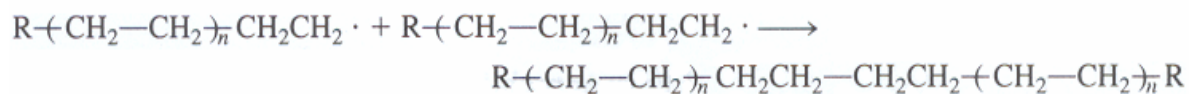
- **PET (Polietileno tereftalato)**

Se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por poli condensación. Es transparente y altamente resistente a impactos. Resistente a los ácidos e impermeable a gases atmosféricos. (Cereceda, 1998). Su utilización más común es en las botellas para agua, bebidas refrescantes y alimentos. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

- **PE (Polietileno)**

El polietileno es un polímero muy estable, obtenido por la unión de monómeros de etileno mediante un mecanismo de reacción de adición. Primero se calienta una molécula iniciadora (R_2) para producir dos radicales. El radical activo ataca una molécula de etileno y se genera un nuevo radical, el que más tarde reacciona con otra molécula de etileno, y así sucesivamente. (Chang, 1999)

De manera rápida se forma una cadena larga de grupos CH_2 y después de cierto tiempo, este proceso finaliza al combinarse dos radicales de cadena larga y producir el polímero conocido como polietileno:



Donde $-(CH_2-CH)_n-$ es un abreviatura convencional adecuada para representar la unidad repetida en el polímero. Se sobreentiende que el valor de n es muy grande, del orden de varios cientos. (Chang, 1999)

El polietileno es un polímero flexible, correoso, buen aislante eléctrico, resistente al agua y a muchos compuestos químicos y es barato de fabricar. Es un material termoplástico, por lo que puede ser fundido, extruido, moldeado y soplado; hechos que permiten su amplio empleo. (Vega de Kuyper, 1997)

El polietileno se subdivide en dos tipos:

- polietileno de baja densidad (LDPE)
- polietileno de alta densidad (HDPE)

El LDPE se fabrica a temperatura y presión elevada, obteniéndose un material con bajo punto de fusión (110°C), estructura de peso molecular elevado y con cadenas ramificadas. Este hecho le comunica una baja densidad (0,915 gr/cm³) y, por lo tanto, tiene también bajo grado de cristalinidad (60%). (Vega de Kuyper, 1997)

El HDPE es un polímero con muy baja ramificación, por lo tanto, es más cristalino (95%) y su densidad es mayor (0,97 gr/cm³). Su peso molecular es más bajo, y es más correoso y más resistente al impacto que el LDPE. Puesto que es más cristalino, su mayor temperatura de fusión le permite una mayor resistencia térmica y es menos permeable a los líquidos. (Vega de Kuyper, 1997)

- **PVC (Policloruro de vinilo)**

El PVC es duro, rígido y altamente resistente a impactos. Impermeable a los aceites y a la mayoría de los materiales orgánicos, propiedades que lo hacen ideal como material de construcción para cañerías. El calor o la luz producen la ruptura de la unión entre carbono y cloro, por lo que requiere la adición de estabilizantes que mejoren su resistencia. (Cereceda, 1998)

El PVC puede reblandecerse y, por tanto, plastificarse para moldeo, laminado, recubrimientos, etc. Así, el polímero plastificado se puede emplear para recubrir los más variados sustratos (telas, conductores eléctricos, metales, etc.). (Cereceda, 1998)

- **PP (Polipropileno)**

Plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión (160 a 170 °C), excelente resistencia química y baja densidad. (Centro de Producción más Limpia, 2002). Es altamente resistente a la tensión, impermeable a los líquidos y a los gases (Cereceda, 1998).

El polipropileno se diferencia de los anteriores plásticos por su mayor transparencia, y aspecto más cristalino. Sus características mecánicas son bien distintas y su densidad es de 0,90. (RIGAPLAST INDUSTRIAL S.A., 2004)

- **PS (Poliestireno)**

El poliestireno se utiliza mucho en la industria eléctrica por su excelente poder aislante. Materiales a base de poliestireno esponjado se usa también como aislante térmico y material de embalaje. La espuma está constituida por perlas o esferas huecas que contienen aire y que están adheridas unas con otras, formando un material de muy baja densidad. (Martínez de las Marías, 1972)

El poliestireno no espuma, es un material termoplástico con muchas propiedades apreciadas. Es claro, transparente, se colorea con facilidad, se plastifica sin dificultad. Posee propiedades térmicas y mecánicas razonablemente buenas, sin embargo, es ligeramente quebradizo, y se reblandece bajo 100°C. (Vega de Kuyper, 1997)

3.3 Reciclaje

El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos, con lo que podemos lograr varios beneficios económicos, ecológicos y sociales:

- Se pueden recuperar materiales y, por consecuencia, economizar materia prima, energía y agua, necesarias para la creación de nuevos productos y disminuir la contaminación ambiental.
- Se crean nuevas fuentes de trabajo para aquella mano de obra no calificada.
- Permite a la industria conseguir materia prima secundaria a bajo precio y aumentar su competitividad
- Se disminuye la cantidad de desechos que se disponen en los vertederos o rellenos sanitarios. Por consecuencia, disminuye el consumo de paisaje, los costos y los impactos ambientales que genera la disposición final. (Röben, 2003)

El reciclaje se produce por tres razones básicas: Razones altruistas, imperativos económicos y consideraciones legales. En la primera de ellas es evidente que la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos, responde a los intereses generales de todo el mundo. En la segunda, el coste evitado para una evacuación de residuos ambientalmente aceptable se ha incrementado tanto que, cuando se combina con otros costes asociados al reciclaje; adquiere sentido, desde el punto de vista económico, el reciclaje de muchos materiales. Finalmente, en respuesta a las exigencias del público, diversos gobiernos están obligados a reciclar debido a que se establecen una variedad de penalizaciones económicas y civiles, junto con incentivos para estimular el reciclaje. (Lund, 1996)

Para reciclar cualquier material presente en los RSU, tiene que poder ser procesado en una materia viable y limpia. Esta materia prima debe fabricarse después en un producto. Este producto tiene que comercializarse y distribuirse,

hay que encontrar clientes y convencerles para comprar y seguir comprando dicho producto fabricado con materiales residuales. (Lund, 1996)

El reciclaje de los materiales encontrados en RSU implica: 1) la recuperación de materiales del flujo de residuos; 2) el procesamiento intermedio, como puede ser la selección y la compactación; 3) el transporte y 4) el procesamiento final, para proporcionar materia prima para los fabricantes, o bien un producto final. (Rojas, 2002)

Las principales ventajas del reciclaje son la conservación de los recursos naturales y del espacio del vertedero; sin embargo, la recogida y el transporte de materiales requiere unas cantidades sustanciales de energía y de mano de obra, e históricamente, la mayoría de los programas de reciclaje han tenido y tienen subvenciones económicas. (Rojas, 2002)

3.4 Reciclaje de Plástico

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos, ya que, a la cantidad de envases y otros productos de plástico, se le debe sumar el volumen que representan. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

Por esto, si lo que se pretende es disminuir la cantidad de residuos y el consumo de materias primas, el reciclaje siempre resultará rentable.

Reciclaje Primario

Éste consiste en el procesamiento de materiales plásticos no contaminados ni usados, con el fin de obtener materias plásticas para transformar (por ejemplo reciclaje de residuos de elaboración). (Napoli y Zapata, 2001)

Los desechos de tipo simple, que provienen de la industria de producción y proceso de plásticos, han sido reciclados internamente desde hace largo tiempo, por razones económicas. (Napoli y Zapata, 2001)

El reciclaje de desechos de tipo individual hasta ahora ha alcanzado un alto nivel de rendimiento técnico y económico. El material regenerado limpio, alcanza un precio de hasta un 70% del material nuevo. Esto reduce en forma considerable los gastos en que se incurre en este proceso, el que incluye: reducción de tamaño, lavado, secado, separación del metal, ordenamiento, homogeneización, desgasificación y granulación. (Napoli y Zapata, 2001)

Los principales problemas técnicos, encontrados en el reciclaje primario son:

- Degradación del material debido a un repetido reproceso, resultando en una pérdida de las propiedades, tales como: apariencia, resistencia a sustancias químicas, procesabilidad, cambio en la viscosidad, resistencia mecánica, etc.
- Contaminación del plástico reprocesado.
- Manejo de desperdicios de poca densidad (mucho volumen), tales como películas o espumas plásticas.

La degradación del plástico ocurre en todas las etapas de la vida del material, pero usualmente se pueden completar cuatro o cinco ciclos sin necesidad de agregar nuevas materias primas vírgenes. Los plásticos varían en su sensibilidad a la degradación durante el procesamiento. Por ejemplo, la oxidación causa la descomposición del polietileno de alta y baja densidad, lo que resulta en una reducción de la calidad del material derretido. (Napoli y Zapata, 2001)

El material reciclado es también sensible a la contaminación de los metales, compuestos metálicos, elementos y rellenos; que promueven una degradación que se caracteriza por un aumento de la fragilidad, aparición de líneas oscuras o mal olor.

Para reprocesar los desechos plásticos, éstos deben ser llevados al tamaño de partículas, cercano al del polímero virgen. La reducción de tamaño es usualmente llevada a cabo, utilizando un granulador. Un granulador consiste en una tolva, una cámara de corte con cuchillas, un tamiz y una guía y deben estar equipados con un aparato alimentador, como una guillotina o rodillos para films. (Napoli y Zapata, 2001)

Reciclaje Secundario

Es el reproceso de manufacturas ya usadas, para producir materiales plásticos de composición diferente y en algunos casos con propiedades inferiores al original. (Miranda, 1995)

El procesamiento de desechos mezclados, manchados o de compuestos plásticos es más difícil que el reciclaje de desechos sin mezclar.

El material de desecho generado por la actividad industrial contiene una amplia mezcla de diferentes plásticos. El número de diferentes materiales presentes y el grado de suciedad es más pronunciado en la basura de los hogares. Éstos contienen una variedad de plásticos usados para envoltura y moldura, incluyendo polietileno, PVC, poliésteres, mezclas de polímeros, polipropileno, espuma de poliestireno, poliuretanos y termoestables entre otros. (Napoli y Zapata, 2001)

Los principales motivos por los cuales no se ha desarrollado de esta forma de reciclaje son:

- El desperdicio plástico tiende a contaminarse con otros materiales (metales, arena, etc.) pudiendo éstos dañar el equipo de proceso.
- Varios plásticos presentes en la mezcla de desperdicios pueden ser mutuamente incompatibles, ocasionando productos con propiedades mecánicas pobres.
- Es muy difícil encontrar los lotes de desperdicios con una composición consistente.
- Para ser económicamente rentable, el producto debe ser producido a gran escala. (Miranda, 1995)

Reciclaje Terciario (Recuperación de Productos Químicos)

El reciclaje terciario es el reproceso de manufacturas plásticas, para recuperar, a través de procesos físicos o químicos (pirólisis), monómeros u otros compuestos químicos. (Napoli y Zapata, 2001)

Puede que el reciclaje directo de los desechos plásticos sea imposible, debido a que estén demasiado contaminados, alterados molecularmente o simplemente demasiados mezclados entre sí. El reciclaje de estos materiales sólo puede ser llevado a cabo rompiendo las macromoléculas en pequeños fragmentos mediante hidrólisis, alcoholólisis, hidrogenación o pirolisis. (Lund, 1996)

Hidrólisis y Alcoholólisis.

La hidrólisis lleva a la directa recuperación de las materias primas originales mediante una reacción de las moléculas de agua, dirigida a los puntos de enlace de los materiales iniciales (revirtiendo así el proceso de polimerización). (Jorge Miranda, 1995) Todos los plásticos hidrolizables como las poliamidas, poliésteres, policarbonatos, poliúreas y poliuretanos son resistentes a la hidrólisis en condiciones normales de uso. Por lo tanto, es necesario el uso de condiciones extremas para lograr la hidrólisis. (Napoli y Zapata, 2001)

Los materiales regenerados pueden ser reutilizados directamente, junto con materia prima nueva. Las materias primas en el desecho pueden, por lo tanto, ser retroalimentadas nuevamente al proceso de producción.

Del mismo modo, la degradación de algunos productos como poliésteres, poliamidas y el mismo poliuretano puede ser llevado a cabo mediante la alcoholólisis.

Hidrogenación.

En este proceso, las uniones de carbono (C-C), de poliolefinas y poliestireno son quebradas por la adición de hidrógeno. La mayoría de los plásticos pueden ser degradados de esta forma, y por lo tanto, los desechos no necesitan ser separados por tipo. Ya que la reacción ocurre muy lentamente, la hidrogenación es usualmente llevada a cabo a alta temperatura (500°C) y presión (400 bar) en la presencia de catalizadores de cobalto-molibdeno. (Napoli y Zapata, 2001)

La hidrogenación produce altos rendimientos de hidrocarburos líquidos, pero por el alto costo del proceso, aún no ha tenido alguna aplicación de tipo industrial. (Miranda, 1995)

Pirólisis.

Consiste en la descomposición térmica de una sustancia, en completa o parcial ausencia de aire, acompañada por la simultánea generación de aceites y gases apropiados para la generación de energía o utilización química. (Miranda, 1995)

Termoplásticos, termoestables, elastómeros, materiales compuestos y plásticos fuertemente manchados o dañados pueden ser reciclados por pirólisis. El amplio rango de materiales procesables da como resultado un gran espectro de diferentes productos de descomposición, los que no son siempre fáciles de separar. Por ello, estos son usualmente menos atractivos económicamente que los productos de la hidrólisis. (Napoli y Zapata, 2001)

La ventaja de la pirolisis sobre la combustión es la reducción en el volumen de los gases resultantes entre 5 y 20 veces. Además, estos contaminantes se concentran en un residuo parecido al coque, del que es posible obtener hidrocarburos y algunos procesos recuperan incluso algunos valiosos productos químicos. (Lund, 1996)

La pirolisis es complicada por el hecho de que los plásticos, gomas y biopolímeros presentan una pobre conductividad térmica, y la degradación de las macromoléculas requiere grandes cantidades de energía. (Lund, 1996)

Reciclaje Cuaternario (Combustión)

Si no es práctico o económico reutilizar los desechos plásticos, es aún posible hacer uso de su contenido energético, ya que, el contenido energético de los plásticos es más alto que el de la mayoría de otros materiales.

Ya que los plásticos se producen a base de petróleo, tienen un valor calorífico elevado, a veces incluso más elevado que el del carbón o del fuel-óleo.

La Tabla 12 muestra los valores caloríficos de los plásticos más comunes y de combustibles frecuentemente usados. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

Tabla 12: Poder calorífico de algunos plásticos y otros productos

MATERIAL	PODER CALORÍFICO (KJ/KG)
Poliestireno	46.000
Polietileno	46.000
Polipropileno	44.000
PVC	18.900
Gas Natural	48.000
Fueloil	44.000
Hulla	29.000
Lignito	20.000
Cuero	18.900
Papel	16.800
Madera	16.000
Grasas	7.800
Basura doméstica	8.000

Fuente: Centro de Producción más Limpia, 2002. Opciones de Producción más limpia, Sector Plásticos.

El reciclaje cuaternario permite obtener energía, a partir de manufacturas plásticas, utilizando la incineración o combustión. (Napoli y Zapata, 2001)

Dado que el 94% de los productos derivados del petróleo son utilizados para propósitos energéticos, no debería haber objeciones para esta forma de reciclaje de energía, ya que ésta permite la sustitución de combustibles y reduce el volumen de basura. Sin embargo, los plásticos con contenidos de halógenos como el policloruro de vinilo (PVC), crean problemas debido a la liberación de grandes volúmenes de cloruro o fluoruro de hidrógeno en la combustión, y los plásticos que contienen nitrógeno, aumentan la emisión de NO_x. Además, la combustión libera metales y otros compuestos orgánicos de las tinturas, pigmentos, plastificantes y estabilizantes presentes en los plásticos. (Miranda, 1995)

3.4.1 Situación a Nivel Internacional de Reciclaje de Plásticos

El reciclaje de los plásticos (incluyendo el reciclaje a materia prima en Austria y Alemania) varía aproximadamente entre un 2 por ciento en Grecia y 29 por ciento en Alemania, mientras que las prácticas de valorización energética oscilan entre el 6 por ciento en el Reino Unido y el 75 por ciento en Dinamarca. Se estima, sin embargo, que del total de residuos plásticos disponible para ser recolectada, un 66 por ciento fueron depositadas en vertederos o enviadas para su incineración (sin valorización energética). (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2004) En la Tabla 13 se puede observar la gestión de residuos plásticos realizada en algunos países europeos.

Tabla 13: Gestión de los residuos plásticos totales en Europa Occidental 2001 (x 1.000 toneladas).

PAIS	RECOGIBLE	RECICLAJE	RECUPERADO	VERTEDERO/ INCINERACIÓN
Austria *	350	67	73	210
Bélgica	553	85	164	304
Dinamarca	351	36	242	73
Finlandia	162	22	29	111
Francia	3120	287	998	1835
Alemania*	3161	983	806	1372
Grecia	317	6	0	311
Irlanda	204	16	0	188
Italia	3396	438	428	2530
Países Bajos	1027	166	542	318
Portugal	453	13	110	330
España	2095	314	266	1515
Suecia	384	32	173	179
Reino Unido	3682	295	295	3093
TOTAL UE	19254	2465	4120	12669
Noruega	181	19	77	85
Suiza	545	40	378	128
Total Europa occidental	20391	3018	4690	12683

*En Austria y Alemania, el reciclaje incluye el reciclaje a materia prima.

Fuente: PNUMA (Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 2004. Guía de buenas practicas para el reciclaje de los residuos plásticos.

La posibilidad de recuperación de energía mediante reciclado de los plásticos es una práctica que se desarrolla en algunos países europeos y en el Japón, donde la recolección de los residuos de plásticos está legalizada e implementada, y las instalaciones diseñadas tecnológicamente para no emitir contaminantes a la atmósfera. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

3.4.2 Situación a Nivel Nacional de Reciclaje de Plásticos

En Chile el tema del reciclaje de plásticos es aún incipiente, y no se cuenta con un sistema integral de manejo de los residuos de material plástico, sobre todo los provenientes de los RSU. No obstante, hay una buena cantidad de empresas que se dedican al mercado de los residuos de materiales plásticos y que una vez tratados y procesados son vendidos como materia prima para la fabricación de, por ejemplo, artículos para la construcción y fabricación de bolsas para la basura. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

La mayoría de estas empresas recicladoras se ubican en la región metropolitana, aunque existen algunas experiencias a nivel regional.

En la XII Región están previstas medidas para fomentar el reciclado del plástico mediante la selección en origen. Clasificación que no es fácil debido a la gran variedad de plásticos. En la X Región, Puerto Montt existen 3 empresas que reciclan plásticos además de una experiencia de trabajo en la Penitenciaría de Chin-Chin. Esta última consiste en la producción de bolsas plásticas que se entregan a una empresa, a partir de desechos plásticos comprados a particulares. La empresa paga una remuneración a los internos y entrega un aporte a Gendarmería. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

Las restantes experiencias son, por ejemplo RECIPLAST, que procesa desechos de plástico de una de las mayores salmoneras de la comuna; y la empresa Juan Carlos Loayza, que produce polietileno granulado a partir de desechos de plástico, principalmente bolsas de alimentos para salmones, y que se vende en Santiago. (Centro de Producción más Limpia, 2002)

3.5 Educación Ambiental

Los colegios, los institutos y otros centros con líderes de opinión, son fuentes importantes para transmitir la información sobre reciclaje. Teniendo en cuenta la importancia de la educación ambiental, los gobiernos estatales con programas de reciclaje obligatorios han desarrollado un currículum sobre residuos sólidos para que se enseñen en los colegios las alternativas existentes en la gestión de residuos. Las escuelas pueden ser magníficos lugares para difundir rápidamente la nueva información. Los niños transmiten la información a otros miembros de su familia. También es importante recordar que en muchas viviendas son los niños quienes sacan la basura. También serán ellos quienes realicen el trabajo de reciclar. (Lund, 1996)

Los profesores y la dirección de los colegios, normalmente también dan la bienvenida a la posibilidad de contar con un orador experto en temas medioambientales. (Lund, 1996)

Algunos centros educativos, después de ponerse en contacto con las cuestiones ambientales, han iniciado programas de reciclaje dentro del propio campus. (Lund, 1996)

3.5.1 Educación Ambiental en Chile

En Chile la educación ambiental tiene una trayectoria que ha integrado tendencias de nivel mundial. En 1998 se publicó la Política Ambiental Nacional, cuyo norte es el desarrollo sustentable del país y la educación ambiental es una de sus líneas estratégicas para lograr dicha meta. (Silva y Bravo, 2004)

El objetivo general de la educación ambiental está dado por la Ley N° 19.300, cuyo mandato es realizar un “proceso permanente y de carácter interdisciplinario, destinado a la formación de la ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle habilidades y actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio bio-físico circundante”. (Silva y Bravo, 2004)

La Reforma Educacional impulsada por el Gobierno desde 1996, abre un nuevo espacio para desarrollar la educación ambiental en la sala de clases, al plantear los nuevos contenidos de la enseñanza básica y media en términos de un Marco Curricular, con Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios (OF/CMO) determinados, a partir de los cuales los establecimientos educativos pueden definir sus propios contenidos complementarios, permitiendo a los docentes construir un currículo apropiado a las necesidades y características locales de su escuela. (Silva y Bravo, 2004)

Entre los OF planteados por la Reforma, la educación ambiental se presenta claramente en “La Persona y su Entorno”, donde se señala la necesidad de afianzar en alumnos mayores capacidades para “proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano”. (Silva y Bravo, 2004)

Por su parte en los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios (OF/CMO) es posible encontrar contenidos que dicen clara relación con lo ambiental para la educación pre-escolar, básica y media, a partir de los cuales se puede desarrollar la educación ambiental. (Silva y Bravo, 2004)

3.6 Marco Legal

3.6.1 Requisitos que debe cumplir la actividad.

Al momento de instalar una empresa, lo primero que debe verificarse es si la actividad es susceptible de causar un impacto ambiental, según lo establecido en el Artículo 10° de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300) y su especificación en el Artículo 3° en el Reglamento del Sistema de Impacto Ambiental (D.S. N° 95 del 2001). Si la actividad posee alguna de las características señaladas en dicho Artículo, deberá someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Las empresas que deban o no, someterse a esta exigencia además, tendrán que seguir con el procedimiento habitual de obtención de sus permisos, para lo cual existen numerosos cuerpos legales vigentes que indican los requisitos que debe cumplir una actividad, tanto para instalarse como para su funcionamiento habitual. A continuación se presentan los más importantes: (Ministerio de Salud, 2004)

- a) **Zonificación:** El Departamento de Obras Municipales exigirá al interesado algunas informaciones previas y le indicará si el emplazamiento propuesto está de acuerdo con los usos del suelo que establecen el Plan Regulador Intercomunal y el Plan Regulador Comunal.
- b) **Diseño del Proyecto:** Para solicitar el permiso de edificación ante la Dirección de Obras Municipales, se deberá presentar el proyecto y la Calificación Técnica de la actividad. Los antecedentes básicos que el proyecto deberá incluir, son:
 - Normas urbanísticas básicas según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (condiciones de subdivisión y edificación, superficie predial mínima, frente mínimo, distanciamientos, entre otros).
 - Factibilidad de conexión de agua y alcantarillado por parte de una empresa sanitaria.

- Los procesos, maquinarias y equipos, así como las formas de manejo de las emisiones y residuos, para cumplir con la reglamentación vigente y las acciones para controlar los riesgos que el funcionamiento de la empresa pueda causar a sus trabajadores, al vecindario y a la comunidad.
- c) **Calificación Técnica:** La empresa debe solicitar formalmente la calificación técnica de su actividad al Servicio de Salud, documento que debe ser presentado junto al proyecto al momento de pedir el permiso de edificación.

Los funcionarios del Servicio de Salud, revisarán el proyecto y determinarán si la actividad es peligrosa, insalubre o contaminante, molesta o inofensiva, para lo cual evaluará los siguientes antecedentes:

- Plano de Planta del Local.
 - Memoria técnica de las características de la construcción y/o ampliación.
 - Memoria técnica de los procesos productivos y su respectivo flujograma.
 - Anteproyecto de medidas de control de contaminación de aire, agua y suelos.
 - Anteproyecto de medidas de control de riesgos y molestias hacia la comunidad (ruido, polvo, olores, atracción de roedores, incendio, explosión, etc.).
 - Anteproyecto de medidas de control de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales hacia el trabajador.
- d) **Informe Sanitario-Ambiental (Autorización de Funcionamiento):** Para que la Municipalidad pueda otorgar patente definitiva para la instalación, ampliación o traslado de industrias, se debe solicitar a la autoridad sanitaria un informe que compruebe que se han implementado todas las medidas comprometidas para evitar riesgos y molestias (Artículo 83 del DFL N° 725/67, Código Sanitario). Este informe lo entrega el Servicio de Salud, luego de una inspección en terreno de la empresa ya instalada, previo a su funcionamiento (posterior a la calificación técnica). (Ministerio de Salud, 2004)

3.6.2 Normas Ambientales Aplicables a la Industria

Se hace referencia a las distintas normas ambientales aplicables a la industria, actualmente vigentes en Chile, que regulan las emisiones, generación de ruidos, emplazamiento de las industrias, así como la seguridad y salud ocupacional.

a) Normas que establecen las Condiciones básicas que deben cumplir los lugares de trabajo:

- D.S. 594/00, del MINSAL. Reglamenta las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Otorga atribuciones de fiscalización a los servicios de salud. Reglamenta la descarga de sustancias al alcantarillado. Establece que la acumulación, tratamiento y disposición final de los residuos industriales dentro y fuera del predio debe contar con autorización sanitaria. Regula la contaminación ambiental en los lugares de trabajo. (Ministerio de Salud, 2000)

b) Normas que regulan los Ruidos:

- D.S. N° 594/00 del MINSAL, "Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo", de art. 70 a 82, establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberá cumplir todo lugar de trabajo. Establece además los límites permisibles de exposición laboral a ruido. (Ministerio de Salud, 2000)
- D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES, "Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas", establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas hacia la comunidad. (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1998)

c) Normas que regulan las emisiones atmosféricas:

- Artículo 1 del D.S. N° 144/61 del MINSAL, "Normas para evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquiera Naturaleza" establece que los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquiera naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen peligros, daños o molestias al vecindario. (Ministerio de Salud, 1961)
- Artículos 32 y 33 del D.S. N° 594/00 del MINSAL, "Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo" establecen las condiciones de ventilación en los lugares de trabajo.

d) Normas que regulan Residuos Industriales Líquidos (RILES):

- Ley N° 3.133/16, del Ministerio de Obras Públicas, determina la neutralización de residuos provenientes de establecimientos industriales. Establece como norma general que los establecimientos industriales de distinta índole, no pueden vaciar sus aguas en ningún medio acuífero, sin antes depurarlas o neutralizarlas, por medio de un sistema adecuado y permanente, y tampoco podrán arrojar a dichos causes o depósitos de aguas las materias sólidas que puedan provenir de esos establecimientos, ni las semillas perjudiciales a la agricultura. (Ministerio de Obras Públicas, 1916)
- D.S. 351/92, Ministerio de Obras Públicas. Establece el reglamento para la neutralización de residuos líquidos industriales a que se refiere la Ley N° 3133. (Ministerio de Obras Públicas, 1993)
- D.S N° 609/98 del Ministerio de Obras Públicas, Establece Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de RILES a sistemas de alcantarillado. (Ministerio de Obras Públicas, 1998)

e) Normas que regulan Residuos Industriales Sólidos y Sustancias Peligrosas:

- D.S. N° 148/03 del MINSAL, Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos. Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos. (Ministerio de Salud, 2004)
- D.S. N° 594/00 del MINSAL, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, reglamenta la descarga de sustancias al alcantarillado. Establece que la acumulación, tratamiento y disposición final de los residuos industriales dentro y fuera del predio, debe contar con autorización sanitaria. (Ministerio de Salud, 2000)

f) Normas de seguridad y salud ocupacional

- D.S. N° 594/00 del MINSAL, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, establece en su Artículo 44 que “todo lugar de trabajo en que exista algún riesgo de incendio, ya sea por la estructura del edificio o por la naturaleza del trabajo que se realiza, deberá contar con extintores de incendio, del tipo adecuado a los materiales que existan o se manipulen”. Establece también en su Artículo 53 que es el empleador quien proporcionará a sus trabajadores (libre de costo) los elementos de protección personal y el adiestramiento necesario para su correcto empleo. (Ministerio de Salud, 2000)
- Ley N° 16.744/68 del Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Establece disposiciones relativas a accidentes y enfermedades profesionales. (Ministerio de Trabajo y Previsión Social, 1968)
- D.S. N° 40/69 del Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Establece las normas sobre Prevención de Riesgos Profesionales y disposiciones sobre igual materia contenidas en la ley 16.744, sobre seguro social contra riesgos, accidentes del trabajo y de enfermedades profesionales. (Ministerio de Trabajo y Previsión Social, 1969)

IV. Metodología

Para determinar la factibilidad técnico-económica del proyecto, el trabajo se dividió en distintas etapas que se explican a continuación:

Estudio de Mercado: Este estudio se realizó para obtener información real sobre el interés y posible demanda que pueda tener el producto a elaborar.

Campaña piloto de reciclaje: Debido a que se pretende trabajar principalmente con materia prima proveniente de establecimientos escolares, se realizó una campaña piloto de reciclaje que permitió obtener datos reales sobre el aporte de materia prima que puedan generar los alumnos.

Esta campaña se llevó a cabo durante tres meses y durante este tiempo se mantuvo un registro de la cantidad de desechos plásticos recolectados. Luego estos datos obtenidos en un establecimiento previamente seleccionado, se extrapolaron al total de establecimientos con los cuales se pretende trabajar a nivel regional; y de esta manera fue posible estimar el aporte total de materia prima.

Fuentes Alternativas de Materia Prima: Este capítulo permitió obtener información sobre posibles fuentes alternativas de materia prima procesable, para cumplir con la demanda del producto a elaborar, determinada en el estudio de mercado. Para obtener esta información, se realizó una encuesta a empresas procesadoras de polietileno de la región y a grandes tiendas de la zona.

Estudio Técnico: Esta etapa se realizó con la finalidad de determinar las características técnicas con las que debe cumplir la Planta de Reciclaje. Se consideró el cumplimiento de restricciones estipuladas en el Plan Regulador Comunal y en la Ordenanza Municipal. Además, en este capítulo se realizó la selección y síntesis del proceso; la ubicación de la planta; los respectivos balances de masa y energía; la selección de equipos; la organización de la planta y el requerimiento de superficie.

Dimensión Ambiental: Este capítulo permitió incorporar la dimensión ambiental en el proyecto, considerando la legislación ambiental vigente, entre ellas las normativas que regulan: condiciones básicas en los lugares de trabajo; ruidos; emisiones atmosféricas; residuos líquidos (RILES); residuos sólidos; sustancias peligrosas, y seguridad y salud ocupacional.

Evaluación Económica: El propósito de este capítulo fue determinar la rentabilidad del proyecto, a través, de la realización de un Flujo de Caja y de la utilización de índices económicos como, el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

Impacto del Proyecto: En esta etapa se consideró el impacto que genera el proyecto, en la disminución de desechos plásticos que se disponen en vertederos, lo cual se determinó al restar la cantidad total de material procesado en la planta, al total de residuos plásticos generados.

V. Estudio de Mercado

En esta etapa se verificó si existe un interés o una necesidad insatisfecha en el mercado, del producto que se quiere elaborar.

El estudio de mercado se realizó, a través, de una recopilación de información de fuentes primarias, constituidas por el propio consumidor del producto, de manera que para obtener información de él, fue necesario entrar en contacto directo utilizándose el método de acercamiento y conversación directa con el usuario. (Baca, 2001)

Se elaboró una encuesta destinada a obtener información de las fuentes primarias, que en este caso son los procesadores de polietileno tipo film de la región.

En la Provincia de Valparaíso existen 6 empresas procesadoras de polietileno tipo film.

- Plásticos Wegner
- Plásticos Espinoza
- MVC plásticos
- Folia Plast
- Plásticos Warda
- Cambiaso

De estas empresas se descartaron como posibles compradores a Plásticos Warda y Cambiaso, ya que, debido a sus dimensiones y productividad poseen sus propias plantas de reciclado.

La información obtenida en este estudio de mercado, permitió trabajar con variables que se ajustan al comportamiento de la industria procesadora de polietileno de la región y de esta manera, la evaluación técnico-económica de la planta de reciclaje se adaptó a las necesidades y características reales de la zona.

La encuesta aplicada a las empresas se muestra a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14: Encuesta a empresas procesadoras de polietileno de la provincia.

NOMBRE DE LA EMPRESA:	PLASTICOS ESPINOZA	MVC PLÁSTICOS	FOLIA PLAST	PLÁSTICOS WEGNER
En qué comuna se encuentra ubicada	Viña Del Mar	Quilpué	Valparaíso	Viña del Mar
A qué tipo de rubro se dedica	Procesador de Polietileno	Procesador de Polietileno	Procesador de Polietileno	Procesador de Polietileno
¿Qué cantidad de materia procesa mensualmente?	30 Ton.	16 Ton	Entre 20 y 30 Ton	80 Ton
¿Que porcentaje de este material es de alta densidad? Aproximadamente	70%	60%	40%	50%
¿Qué porcentaje de este material es de baja densidad? Aproximadamente	30%	40%	60%	50%
De esta cantidad de material procesado; cuánto se obtiene de desecho (en %)	15%	12 a 15%	15%	15%
Usted recicla sus residuos plásticos? Dónde?	Si, en Santiago	Si, en Santiago	Si, en Santiago	Si, en Santiago
De dónde obtiene los pellets vírgenes para el proceso?	Distintos Proveedores del país, y a través de Importaciones	Representantes en Chile	Proveedores del País	Importaciones Directas y Representantes en Chile
Qué % de plástico reciclado utilizan en el proceso?	70%	40%	40 a 50%	70%
Qué cantidad de operarios trabajan en la fábrica?	12	5	6	25
Cuánto les cobran por reciclar sus residuos plásticos?	Entre \$100 y \$110	Entre \$100 y \$110	Entre \$100 y \$110	\$110
Le interesaría tener una planta recicladora de plásticos en la región?	Si	Si	Si	Si

Según los datos obtenidos, las empresas procesadoras de la región, producen al mes un total de 151 toneladas de polietileno, de las cuales en promedio, un 55% corresponde a polietileno de alta densidad (HDPE) y un 45% a polietileno de baja densidad (LDPE).

Del total de la producción, un 15% aproximadamente, corresponde a pérdidas que pueden ser tratadas en la planta de reciclaje. Por lo tanto se espera procesar 23 toneladas al mes, de material de desecho de las procesadoras de polietileno.

De la cantidad total de materia prima, las procesadoras utilizan entre un 40% a 70% de material reciclado, y dependiendo de la calidad de éste, la cantidad utilizada puede aumentar, siempre y cuando permita mantener la calidad del producto final. Esto supondría que al procesarse 151 toneladas al mes de polietileno del total de las empresas procesadoras, y considerando la utilización de un 70% de material reciclado, se estima un mercado disponible para el producto elaborado de 106 ton/mes.

Con esta información se procederá a seleccionar la maquinaria acorde a la carga obtenida y las dimensiones necesarias para la instalación de la planta de reciclaje.

La mayoría de las empresas coincidieron en que el valor cobrado por realizar el proceso de reciclaje de sus desechos de polietileno, asciende a un valor entre \$100 y \$110 el kilogramo. Con respecto a los precios de venta de materia prima reciclada esta asciende a un valor de \$300 el kilogramo.

Además, de acuerdo a la información obtenida, se puede decir que debido a que todas las empresas de la zona, reciclan y compran material reciclado en Santiago, resulta conveniente la instalación de una planta en la región, ya que, esto permitiría disminuir los costos de traslado de material hacia y desde la capital, y un ahorro en la inversión de tiempo que ello implica.

VI. Campaña Piloto de Reciclaje de Plásticos

Una vez determinada la existencia de un mercado disponible para el producto a elaborar, se analizó la alternativa de abastecimiento de materia prima, mediante campañas de reciclaje de plástico en establecimientos de educación primaria.

Para obtener datos reales de la cantidad de materia prima con la que se contaría de ser implementado este sistema, se realizó una campaña piloto de reciclaje.

Existen varias razones a favor de incorporar un programa de reciclaje destinado a los niños. Ellos son capaces de motivar a sus padres y otros miembros de la familia. Un niño que ha aprendido la importancia del reciclaje, con frecuencia, convencerá a sus padres. Además el éxito continuado del reciclaje dependerá de la ciudadanía informada, y enseñar a la siguiente generación de ciudadanos será una excelente inversión. (Lund, 1996)

Esto implica que se trabaja de forma centralizada (menor cantidad de personas) pero a la vez es posible abarcar un mayor radio de población. Además, los alumnos están más involucrados con el tema ambiental que los adultos, por lo tanto es más fácil trabajar con ellos, ya que conocen la importancia del tema.

La campaña piloto de reciclaje de plásticos se realizó específicamente en un establecimiento educacional de nivel básico (Primero a Octavo básico), con el fin de obtener datos reales, sobre el aporte de plásticos o aporte per cápita.

Para poder llevar a cabo la campaña piloto de reciclaje, en un establecimiento de la zona, se contó con:

- La aceptación del proyecto por parte de la dirección y profesorado del Establecimiento.
- Autorización para el libre desplazamiento dentro del colegio.
- Autorización para utilizar la infraestructura en labores de almacenamiento y recolección del material.

Por otro lado, también fue necesario que el establecimiento cumpliera con un mínimo de requisitos, como fueron:

- Contar con alumnado de enseñanza básica
- Contar con medios audiovisuales para realizar la presentación del proyecto y charla explicativa al alumnado.
- Contar con infraestructura y medios necesarios, para llevar a cabo el almacenamiento y recolección de los materiales plásticos.

Dado el cumplimiento de todas las exigencias requeridas, el establecimiento educacional seleccionado para la realización de la campaña piloto de reciclaje, fue el Colegio Luterano Concordia, ubicado en el Sector de Santa Inés, en la Ciudad de Viña del Mar. Establecimiento de carácter subvencionado que cuenta con 151 estudiantes de enseñanza básica.

La duración de la campaña piloto fue de tres meses y durante este periodo, se realizaron una serie de actividades que permitieron vincular a los alumnos con la campaña y mantener informada a la comunidad escolar, sobre los avances y novedades de la recolección de material.

Dentro de estas actividades, se encuentran:

Charla de presentación. Se realizó una presentación audiovisual, para lograr concientizar al alumnado sobre la importancia del reciclaje de plásticos y además, se informa sobre las actividades que deberán realizarse una vez que se implemente la campaña piloto, dentro del establecimiento. (Ver Figura 6)



Figura 6: Charla de Presentación.

Fabricación de Panel Explicativo. Se fabricó un panel que especifica el tipo de desecho que será reciclado, de esta forma se asegura que los alumnos no cometan errores al momento de seleccionar los materiales que traerán de sus hogares.

Reparto de Folleto Informativo. Este folleto se repartió a cada alumno, con el fin de ser trasladado a cada hogar. De esta forma fue posible mantener informada a toda la comunidad escolar, sobre la campaña de reciclaje.

Publicación de cómputos. Se publicó la cantidad de plástico recolectado semana a semana.

Entrega de premios. Una vez finalizada la campaña, se hizo entrega de un premio, que fue financiado con el dinero recaudado de la recolección de material. (Ver Figura 7)



Figura 7: Entrega de Premios.

Durante el tiempo de duración de la campaña (septiembre a diciembre), se recolectó semanalmente el material plástico, que los alumnos acumularon en el establecimiento (Ver Figura 8), para luego ser pesado y llevado a una empresa procesadora de polietileno de la región, donde se remunera por kilogramo de plástico recaudado.



Figura 8: Recolección de plásticos en Colegio Luterano Concordia durante Campaña Piloto de Reciclaje.

Se determinó además, la cantidad de material inutilizable, ya sea porque corresponde a un polímero distinto o debido a que el material no cumple con las condiciones de limpieza requeridas, para realizar el reciclaje. La cantidad de material inutilizable se estimó en un 3% del total de material recolectado. Dato que será de importancia, al realizar el balance de masa del proceso productivo y al momento de determinar que tipo de tratamiento realizar a estos residuos generados.

Una vez finalizada la campaña piloto de reciclaje, se trabajó con los resultados obtenidos. La cantidad de material que el total de alumnos del establecimiento recolectaron cada semana, se muestra a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15: Aporte semanal de Plástico

Fecha	Aporte de material Mes 1 (en Kg)				Aporte de material Mes 2 (en Kg)				Aporte de material Mes 3 (en Kg)			
	15.09	22.09	29.09	06.10	13.10	20.10	27.10	03.11	10.11	17.11	24.11	01.12
Total (semanal)	13,79	37,66	8,35	12,10	36,70	21,10	158,86	84,40	66,30	66,50	59,30	81,86

Por otro lado, el aporte per cápita semanal obtenido de la campaña piloto se grafica a continuación en la Figura 9:

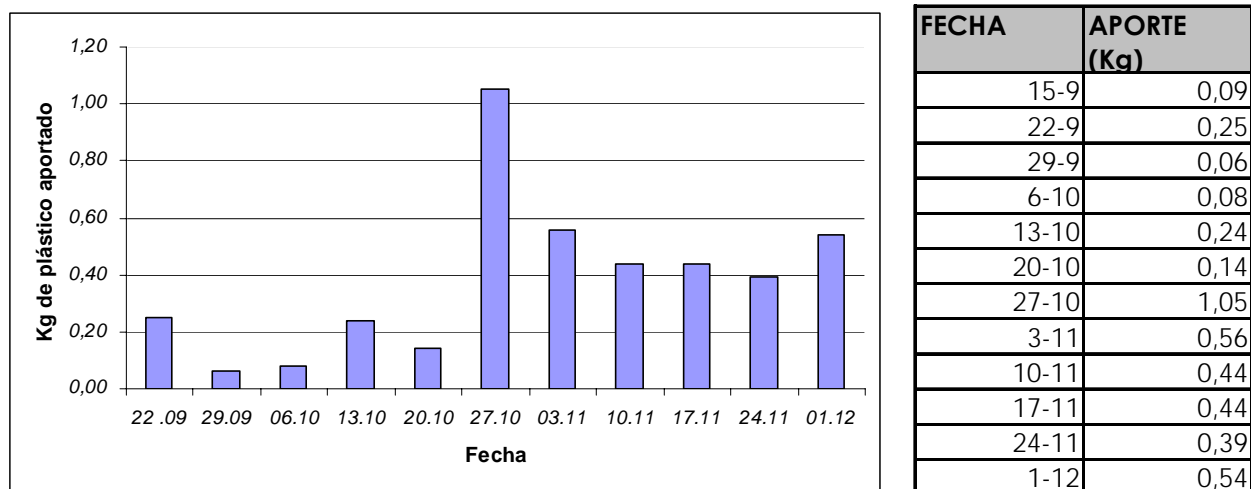


Figura 9: Aporte per cápita semanal en campaña piloto de reciclaje.

Como se observa en la figura anterior, sólo durante el tercer mes se logró una estabilización en el aporte de material. El mínimo aporte per capita ocurrió en la semana del 29 de septiembre (0,08 Kg/alumno), y el aporte máximo en la semana del 27 de octubre (1,05 Kg/alumno).

La semana del 29 de septiembre se ubica dentro del primer mes de la campaña piloto de reciclaje. En el primer mes los alumnos aún no se encuentran habituados a llevar el material solicitado al colegio. Esto explicaría los bajos aportes obtenidos durante las primeras semanas de la campaña.

Por otro lado, durante la semana del 27 de octubre, el colegio celebró su aniversario organizando alianzas, donde el aporte de material plástico sumaba puntos, por lo tanto la cantidad de plástico recolectado fue mucho mayor que el resto de las semanas.

Los datos semanales de recolección, permiten visualizar de mejor manera la variación del aporte per capita ocurrida durante la campaña piloto, mas para efectos de cálculos y estimaciones, se considerará a lo largo de este estudio el aporte promedio mensual de 1,43 Kg/alumno. Por otro lado, este dato permitió determinar la cantidad de materia prima con la que se trabajará de ser llevada a cabo una campaña en forma masiva, en las localidades de Valparaíso y Viña del Mar.

Para estimar la cantidad total de establecimientos, y alumnos de enseñanza básica de estas localidades, se trabajó con información actualizada obtenida del Ministerio de Educación de la V Región, de la cual se descartaron colegios emplazados en zonas rurales, en zonas de difícil acceso, y zonas de baja densidad escolar (Ver Anexo 1). Tomando esto en consideración, se obtienen 64 establecimientos de educación básica en la ciudad de Valparaíso, con 25.573 alumnos; y 87 establecimientos de la ciudad de Viña del Mar con 33.390 escolares. Por lo tanto, el total de alumnos que participarán en la campaña de reciclaje de plásticos serán **58.963**.

Ya seleccionada la cantidad de establecimientos y definida la totalidad de alumnos participantes, se extrapolaron los datos obtenidos de la campaña piloto, específicamente del aporte per capita mensual; y de esta manera, se obtuvo el aporte total de materia prima proveniente de las campañas de reciclaje, que será procesada en la Planta.

Considerando el número total de escolares participantes, y el aporte por alumno obtenido de la campaña piloto, se obtuvieron tres distintos escenarios;

- Escenario 1: Aporte promedio de 4,2 [Kg/alumno mes]
- Escenario 2: Aporte promedio de 1,43 [Kg/alumno mes]
- Escenario 3: Aporte promedio de 0,24 [Kg/alumno mes]

El escenario 1 representa un comportamiento optimista, donde se genera un aumento en la cantidad de residuos que pueden ser reciclados.

El escenario 2 representa un comportamiento intermedio, por lo que para efecto de cálculos y estimaciones, será considerado a lo largo del estudio.

Por último, como se explicará en el siguiente capítulo, en caso de ocurrir el escenario 3, en el que la recolección sea insuficiente para satisfacer la demanda del mercado, se considerará la utilización de una fuente alternativa de materia prima.

Sistema de Recolección de Material en Campaña de Reciclaje Masiva.

Para facilitar la recolección de la materia prima, los colegios fueron divididos en zonas, agrupándolos de acuerdo a su ubicación; encontrándose así, por ejemplo, la zona Cerro Alegre, Zona Barón, Zona Reñaca, etc.

El recorrido se llevará a cabo, considerando la recolección de material 6 días a la semana y el tiempo estimado de recaudación de plásticos se considera de 25 minutos por establecimiento educacional y se considera una visita quincenal a cada zona.

De acuerdo a estos parámetros, se obtienen los siguientes recorridos (ver Tabla 16):

Tabla 16: Recorrido del Camión Recolector

DÍA	ZONA	ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES ABARCADOS	TOTAL ALUMNOS
1	Playa Ancha	17	5397
2	Plan Valparaíso	12	5144
3	C° Alegre, C° Barón, C° Los Placeres	18	5500
4	Placilla, Almendral I	12	4433
5	Almendral II	5	5099
6	Reñaca, Centro Viña I	14	6223
7	Centro Viña II	17	5878
8	Agua Santa, Nueva Aurora, Recreo	18	4288
9	Chorrillos, Miraflores	15	6148
10	Achupallas, Gómez Carreño	8	5092
11	Forestal, Santa Inés	15	5756

*En la determinación de los recorridos están ya considerados el aporte per cápita de los alumnos y la capacidad máxima de carga del vehículo.

VII. Fuentes Alternativas de Materia Prima.

Tal como pudo observarse en el desarrollo de la campaña piloto de reciclaje, existen tres tipos de escenarios con distintos aportes per cápita. Cada uno representa: un escenario positivo con un aumento del material recolectado; un escenario intermedio, que para efecto de cálculos y estimaciones, se considerará a lo largo del estudio; y un escenario pesimista, en el cual habrá una disminución del material recolectado. Para este último caso, debido a la disminución en el aporte, se hace necesario obtener información sobre posibles fuentes alternativas de materia prima, que permitan cubrir la necesidad del mercado.

De acuerdo a información obtenida del Estudio de Mercado, se consideró como fuente alternativa de materia prima, a las procesadoras de polietileno de la provincia, ya que, el material de desecho que generan en sus procesos productivos, cumple con las características que se requieren para realizar el proceso de reciclaje. Del total de la producción de estas empresas, un 15% aproximadamente, corresponde a pérdidas, por lo tanto, es posible procesar 23 toneladas al mes, de material de desecho de las procesadoras de polietileno.

Entre otras posibles fuentes alternativas de materia prima, se encuentran las grandes tiendas de la región, que comúnmente eliminan desechos plásticos como parte del total de sus residuos.

Para obtener información certera y real, se trabajó en base a entrevistas personales, con los encargados del manejo de residuos de dos grandes tiendas de Viña del Mar, como son:

- Supermercado Líder, Viña Shopping.
- Tienda Ripley, Mall Marina Arauco

Como resultado se obtuvo que en ambos casos, se generan grandes cantidades de materiales plásticos, principalmente provenientes de embalajes, entre los cuales el polietileno ocupa el mayor porcentaje.

Como promedio, en supermercado Líder, se desechan alrededor de 400 kilos semanales de polietileno de baja densidad, que en este momento son entregados a una empresa que los recicla en Santiago, con lo cual se da un valor monetario a este tipo de residuo.

En el caso de Ripley, normalmente se desechan 200 kilos semanales de polietileno, pero la diferencia es que este material va a dar directamente al vertedero, ya que, en este caso aún no se ha tomado en cuenta el reciclaje como una alternativa de manejo de residuos.

Si se consideran sólo estos dos casos, se obtiene que mensualmente se desechan alrededor de 2,4 toneladas de polietileno. Cifra que aumentaría notablemente, si se toma en cuenta que en las localidades de Viña del Mar y Valparaíso, existe una gran cantidad de Tiendas comerciales de este tipo.

Por lo tanto en este estudio, se utilizarán tres tipos de corrientes generadoras de materia prima, para el proceso de reciclaje de polietileno, que se describen a continuación:

- Corriente 1: Material proveniente de campañas de reciclaje escolares.
- Corriente 2: Material proveniente de procesadoras de polietileno.
- Corriente 3: Material proveniente de grandes tiendas de la zona.

VIII. Factibilidad Técnica

8.1 Tamaño del Proyecto

La determinación del tamaño del proyecto se basó principalmente en la demanda proyectada del producto a elaborar. Estos datos se obtuvieron del Estudio de Mercado, ya que, serán las empresas procesadoras de la región los principales consumidores.

La importancia de definir el tamaño se manifiesta principalmente en su incidencia sobre el nivel de las inversiones y costos que se calculen y, por lo tanto, sobre la estimación de la rentabilidad que podría generar su implementación. (Universidad Católica de Valparaíso, 2000). Por lo tanto, constituye un dato fundamental al momento de realizar la Evaluación Económica.

El tamaño influye además, en la cantidad de turnos de trabajo y selección de equipos y maquinarias, ya que, estas variables son claves a la hora de obtener una producción, que permita satisfacer la demanda esperada del producto.

De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio de mercado, la demanda esperada de polietileno reciclado, en la zona, es de 106 ton/mes.

Para cumplir con las expectativas de este mercado, y de acuerdo a los datos obtenidos del capítulo *Fuentes Alternativas de Materia Prima*, se trabajará con tres corrientes de material:

- Corriente 1: Material proveniente de campañas de reciclaje escolares.
- Corriente 2: Material proveniente de procesadoras de polietileno.
- Corriente 3: Material proveniente de grandes tiendas de la zona.

De acuerdo a los datos obtenidos de la campaña piloto, en la primera corriente, es necesario considerar que del total de material, un 3% corresponde a pérdidas. Por lo tanto de un total de 84,3 ton/mes, solo se consideran como materia prima procesable **82 ton/mes**.

De la segunda corriente, proveniente de las mismas empresas procesadoras de la zona, se considera como materia procesable el total de desechos, ya que, estos vienen previamente seleccionados y limpios. La cantidad total de material es de **23 ton/mes**.

Considerando que se trabaja principalmente con campañas escolares, hay periodos correspondientes a vacaciones, en los cuales es posible una baja en la cantidad de material recolectado. La suma de periodos de vacaciones o bajas productivas, se estimaron en cuatro meses. Durante este periodo será necesario trabajar con desechos provenientes de la tercera corriente. Esta materia prima se obtiene al trabajar con grandes tiendas de la zona, que permitan recolectar aproximadamente **28 ton/mes** de materia prima que será acumulada durante el año, de las cuales sólo una parte será utilizada en los meses de normalidad, y durante los periodos de baja se utilizará el material acopiado.

Finalmente, durante los periodos de funcionamiento normal, se procesará el material proveniente de la primera y segunda corriente, más **1 ton/mes** proveniente de la tercera corriente; y durante los meses de baja se procesarán **83 ton/mes** de material acopiado de la tercera corriente, más el material proveniente de la segunda corriente.

Como consecuencia, el tamaño del proyecto es de **106 ton/mes**; o bien **1272 ton/año** de polietileno reciclado.

8.2 Ubicación de la Planta de Reciclaje

Para determinar la ubicación de la planta de reciclaje, se debieron considerar una serie de factores, entre ellos:

- Abastecimiento de la materia prima: En este caso, las fuentes de materia prima son los establecimientos educacionales de Viña del Mar y Valparaíso; las plantas procesadoras de polietileno de la región y grandes tiendas comerciales ubicadas también en esta zona.
- Cercanía a las empresas consumidoras: El mercado consumidor compuesto por las fábricas procesadoras de polietileno, se encuentra en las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso, a excepción de una de las empresas ubicada en Quilpue.

Al tomar en cuenta estos factores, se estableció que los sectores de mayor conveniencia para la localización de la planta serán Viña del Mar o Valparaíso; y de estas alternativas, se debieron considerar los siguientes criterios:

- Precio del terreno
- Accesibilidad
- Normativas y Restricciones asociadas al sector (Plan Regulador y Ordenanzas Municipales)

En la Tabla 17 se especifican las alternativas de ubicación y sus características:

Tabla 17: Alternativas de ubicación y sus características

		Viña del Mar		Valparaíso
		Zona E5 ¹	Zona I ¹	Placilla HM ²
	Residencia	Vivienda, hoteles, moteles, residenciales, hosterías	Vivienda	Vivienda
	Equipamiento	Comercio, cultura, deporte, educación, esparcimiento, salud, seguridad, servicios, social	Comercio, culto, cultura, deporte, seguridad, servicios	Equipamiento a escala comunal y vecinal de: comercio, servicios y oficinas, salud, educación, culto, seguridad, organizaciones comunitarias, esparcimiento y turismo, áreas verdes
	Actividades Productivas	Actividades Productivas Inofensiva ³ s: Industria, taller, almacenamiento, establecimientos de impacto similar al industrial	Actividades Productivas Inofensivas y/o Molestas: Industrias, talleres, almacenamiento, establecimientos de impacto similar	Industrias, talleres y bodegajes inofensivos, servicios artesanales inofensivos, establecimientos de impacto similar al de las actividades productivas calificadas como inofensivas, tales como venta de maquinarias, materiales de construcción y de combustibles sólidos

¹ Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, Ordenanza Municipal.

² Ilustre Municipalidad de Valparaíso, Plan Regulador Comunal de Valparaíso, Modificación Sector Placillas de Peñuelas.

³ Aquella que no produce daños ni molestias a la comunidad, personas o entorno, controlando y autorizando los efectos del proceso productivo o de acopio, siempre dentro del mismo predio e instalaciones resultando éste inocuo. (Servicio de Salud Valparaíso – San Antonio)

	Infraestructura	Instalaciones para la navegación, terminales ferroviarios y rodovianos, terminales de locomoción colectiva, plantas de revisión técnica, recintos destinados a estacionamiento, terminales de distribución de productos de todo tipo	No da especificaciones	Actividades complementarias al transporte, a la vialidad y transporte colectivo de pasajeros, incluyendo talleres mecánicos y automotrices, estaciones de servicio automotor, las que se ubicarán solamente enfrentando vías troncales y colectoras
	Espacio Público	No da especificaciones	No da especificaciones	No aparece
	Área verde	Parques, plazas, jardines y juegos infantiles	Área verde	Área verde
	Superficie Predial Mínima para Actividades Productivas	720 m ²	750 m ²	1.000 m ²
	Frente Predial mínimo	18m	18 m	23,5 m
	Coefficiente máximo de Ocupación del Suelo	0,6	0,6	0,45
	Coefficiente máximo de Constructibilidad	0,8	1	No aparece
	Tipo de Agrupamiento	aislado	aislado	aislado
	Distanciamientos y Rasantes	No aparece	No aparece	5 m de distanciamiento mínimo a los deslindes vecinos y a la línea oficial de cierre

	Antejardín mínimo	De tipo A con un ancho mínimo de 6 m	De tipo A con un ancho mínimo de 10 m	El distanciamiento a la línea oficial de cierre se destinará exclusivamente a jardines descontando el espacio necesario para acceso peatonal o vehicular. Los cierros a la calle serán transparentes y/o vegetales tipo setos, arbustos, árboles; aceptándose cierros opacos construidos en material sólido, sólo hasta una altura de 0.80 metros
Accesibilidad		Esta zona se ubica principalmente en sectores colindantes al Camino Internacional, facilitando la accesibilidad a los sectores de Viña del Mar, Valparaíso, e interior de la región. Este camino tiene dos alternativas de conexión a la ruta 68: a través de Viaducto las Palmas, y vía Agua Santa, permitiendo un fácil traslado a Santiago.	Esta zona se localiza en el sector industrial El Salto. Esta ubicación permite conectarse fácilmente a Santiago vía Las Palmas, y al interior de la región vía Troncal Sur. Por otro lado, la ubicación de esta zona, en la cuenca de Viña del Mar, permite un fácil acceso a sectores céntricos tanto de Viña del Mar como de Valparaíso.	El sector se conecta a la ruta 68, lo que permite un fácil traslado tanto hacia los sectores más centrales de Valparaíso, como hacia Santiago. Además existe una fácil accesibilidad hacia Viña del Mar, y el Interior a través de Vía Las Palmas.
Precio de los terrenos		Bordea los \$25.000/m ²	Bordea los \$37.000/m ²	Bordea los \$17.000/m ²

Tomando en cuenta los factores de accesibilidad, precio del terreno, ubicación y normativas de la zona; el sector industrial seleccionado, es Placilla.

La planta se instalará en el sector Placilla de Peñuelas, específicamente en la zona HM, para uso mixto de vivienda y actividades productivas inofensivas. Además se cumplirá con todas las disposiciones del Plan Regulador Comunal de Valparaíso modificación sector Placilla de Peñuelas y Ordenanza Municipal de Valparaíso.

Se incluye como material anexo un plano de la ubicación de la zona HM donde estará emplazada la Planta de Reciclaje.

8.3 Selección y Síntesis de Procesos

En esta sección se definieron y analizaron las operaciones unitarias más relevantes del proceso productivo, con el objeto de determinar cuál de estas técnicas o combinación de las mismas será más conveniente para el proceso de reciclaje de polietileno del tipo film.

8.3.1 Selección del Proceso

Para el reciclaje de polietileno de alta y baja densidad, provenientes de campañas de recolección y del producto de desecho de las plantas transformadoras de polietileno; se analizaron las siguientes alternativas:

- Reciclaje Primario
- Reciclaje Secundario
- Reciclaje Terciario (reciclaje químico)
- Reciclaje Cuaternario (combustión)

Para determinar cuál de estas alternativas se adoptará, se consideraron los siguientes criterios:

- Simplicidad del proceso
- Inversión inicial
- Disponibilidad de datos del proceso
- Obtención de un producto de calidad y bajo costo.

De acuerdo a estos criterios, el proceso seleccionado es el reciclaje de tipo Primario.

8.3.2 Síntesis del Proceso

Descripción del Proceso

El proceso para la obtención de pellets a partir de desechos plásticos (específicamente film o bolsas de Polietileno de alta y baja densidad) es un proceso simple, que consta de las siguientes operaciones (Durán, 1997):

- **Clasificación de Materia Prima**
- **Molienda**
- **Extrusión**
- **Enfriamiento**
- **Pelletización**

Descripción de las etapas de proceso

Clasificación de Materia Prima: Se vierten los residuos sobre la cinta de alimentación del sector de clasificación, donde se eliminan impurezas gruesas del material (etiquetas, corchetes, scotch, etc), y son separados por el personal, de acuerdo a color y composición (baja y alta densidad).

La separación del plástico en diferentes tipos, es de vital importancia debido a que la línea de recuperación puede procesar solamente un tipo de termoplástico a la vez. Por otro lado, la presencia de impurezas disminuye la calidad del producto elaborado. La separación por color permite la obtención de pellet de distintos colores o incoloro, este último ampliamente utilizado para la fabricación de envoltorios. La separación se realiza, a través, de dos tipos de selección:

Selección por rotulado: Se identifica el tipo de plástico según el código desarrollado por "The Society of Plastics Industry, Inc" de E.E.U.U que indica el tipo de termoplástico del cual está hecho el producto, en este caso un "2" para el polietileno de alta densidad y "4" para el polietileno de baja densidad.

Selección por observación: Este método es realizado por personal de industrias que por años trabajan separando plásticos post consumo y por lo tanto pueden realizar una separación eficaz, basados en la experiencia.

Molienda: El material es trasladado a un molino, donde se lleva a cabo un trabajo mecánico, aplicando fuerzas de tensión, compresión y corte. Lo que permite reducir el tamaño del residuo, facilitando la extrusión del material.

Extrusión: La extrusión permite derretir el material y homogenizar la masa fundida ante la acción de la rosca extrusora, la cual une las cadenas hidrocarburadas que han sido rotas en el periodo de trozado, mejorando la propiedad del material reciclado. En esta etapa, el material se funde a altas temperaturas (180–200 °C) para formar una masa homogénea y maleable. Luego, la masa fundida, pasa por el filtro del cabezal de la extrusora, constituido por una placa con gran cantidad de orificios circulares, que la transforma en un conjunto de fibras de plástico blando, que simulan un “spaghetti”.

Enfriamiento: El conjunto de fibras, aún caliente debido a las altas temperaturas de la extrusión, pasa por un tanque que contiene agua fría, lo que acelera el proceso de endurecimiento del material.

Pelletización: En esta etapa, el conjunto de fibras ya frías y endurecidas, pasan por un molinillo o pelletizadora, donde se reduce el tamaño, por la acción de cuchillas giratorias, obteniendo pequeños pellet de polietileno. El material pelletizado se vierte en sacos, que son pesados y sellados, listos para su comercialización.

A continuación en la Figura 10 se puede observar el diagrama de bloques y en la Figura 11 el diagrama de flujo del proceso.

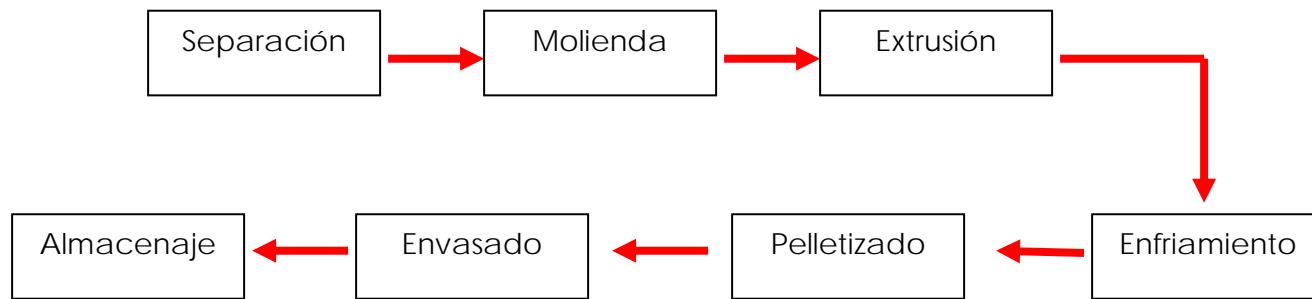


Figura 10: Diagrama de bloques del Proceso

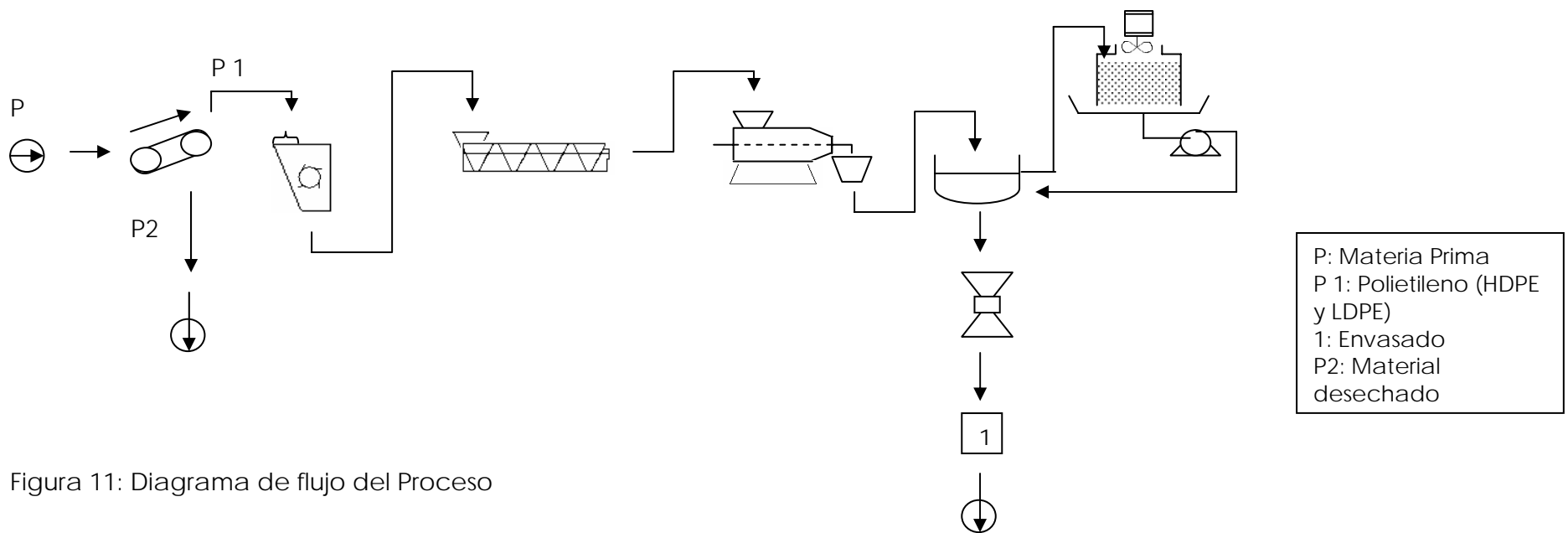


Figura 11: Diagrama de flujo del Proceso

8.4 Balance de Masa

El balance de masa se utilizó, para determinar la cantidad de materia prima requerida para producir el flujo de polietileno demandado.

En este caso, se calculó el balance de masa para una producción anual de 1272 ton de polietileno y se trabajó en base a un mes de producción.

Durante el transcurso del proceso productivo, sólo en la etapa de clasificación del material se genera una pérdida de masa. Esta pérdida se esquematiza a continuación en la Figura 12a y 12 b.

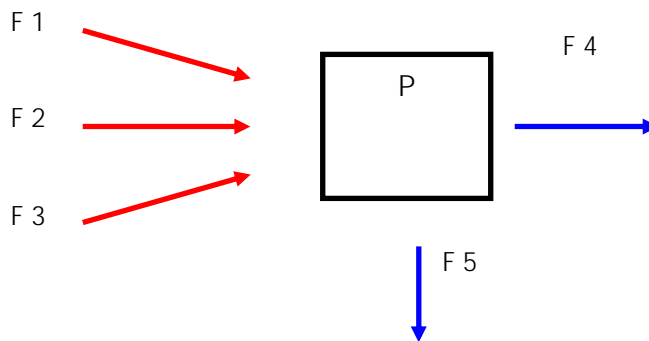


Figura 12 a: Diagrama de balance de masa en condiciones normales (8 meses al año)

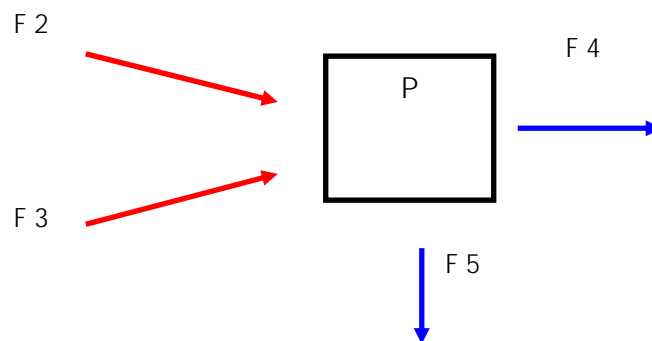


Figura 12 b: Diagrama de balance de masa en condiciones anormales (4 meses al año)

Donde:

F 1	Flujo 1; Entrada de materia prima proveniente de campañas de reciclaje escolar. (ton/mes)
F 2	Flujo 2; Entrada de Materia Prima proveniente de grandes tiendas de la zona.(ton/mes)
F 3	Flujo 3; Entrada de materia prima proveniente de procesadoras de polietileno. (ton/mes)
F 4	Flujo 4; Materia prima que continua hacia nueva etapa de producción.(ton/mes)
F 5	Flujo 5; Material desechado (ton/mes)
P	Proceso; Clasificación del Material

Cálculo de material desechado.

De acuerdo a información obtenida de la campaña piloto de reciclaje en la etapa de separación, el porcentaje de pérdida se estimó en un 3%. Este dato fue considerado tanto para la corriente 1 como para la corriente 3, ya que presentan características similares.

Bajo condiciones normales (Figura 12a) y anormales (Figura 12b), se obtiene la misma cantidad de material de desecho.

Cálculo para condiciones normales (8 meses al año):

De la siguiente manera:

$$F_5 = (F_1 + F_2) * 0.03$$

Considerando:

F 1 = 84,3 ton/mes

F 2 = 1 ton/mes

F 3 = 23 ton/mes

Cálculo para condiciones anormales (4 meses al año):

De la siguiente manera:

$$F_5 = (F_2) * 0.03$$

Considerando:

$$F_2 = 85,6 \text{ ton/mes}$$

En ambos casos, el material desechado será:

$$F_5 = 2.6 \text{ ton/mes}$$

Cálculo de material que continúa en proceso.

La corriente F4 será la misma para condiciones normales y anormales, sólo que la determinación de esta corriente se realizó a través de distintas ecuaciones.

Bajo condiciones normales,

$$F_4 = \{(F_1 + F_2 + F_3) - [(F_1 + F_2) * 0.03]\}$$

Bajo condiciones anormales,

$$F_4 = \{(F_2 + F_3) - [(F_2) * 0.03]\}$$

Para ambos casos, el flujo de materia prima será:

$$F_4 = 105.7 \text{ ton/mes} \approx 106 \text{ ton/mes}$$

Por lo tanto, para producir 106 ton/mes de polietileno, se requiere un flujo de materia prima de 108 ton/mes.

8.5 Balance de Energía

El objetivo del presente capítulo fue describir el cálculo de balance de energía de la planta y de acuerdo a estos datos se realizará la selección de equipos del proceso. Gran parte de los equipos para el procesamiento de plásticos ya se encuentran prediseñados de acuerdo a los requerimientos de producción, por lo que sólo se hizo el cálculo del balance de calor del sistema de refrigeración, y se determinó el requerimiento de flujo de agua necesario.

Se determinó además el flujo de aire necesario para disminuir la temperatura del agua de refrigeración en la torre de enfriamiento y el balance de calor respectivo, suponiendo que no existieran pérdidas ni resistencias.

Cálculo de Transferencia de Calor del Polietileno

La ecuación que se utilizó para calcular el calor que deberá ser retirado del polietileno es la siguiente:

$$Q_1 = \dot{M} C_p \Delta T$$

(Ecuación 8.5.1)

Donde:

Q_1 : Flujo de calor transferido

\dot{M} : Flujo másico de plástico

C_p : Calor específico del polietileno

T_ϵ : Temperatura de entrada del plástico al agua de enfriamiento

T_s : Temperatura de salida del plástico del agua de enfriamiento

Considerando:

$$\dot{M}: 250 \text{ (Kg/hr)} \rightarrow 551 \text{ (lb/hr)}$$

$$C_p: 0,55 \text{ (cal/g}^\circ\text{C)} \rightarrow 0,55 \text{ (BTU/lb}^\circ\text{F)}$$

$$T_\epsilon: 200 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 394 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_s: 40 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 104 \text{ }^\circ\text{F}$$

El Flujo másico de plástico (\dot{M}) se obtuvo de la capacidad de la maquinaria.

Se considera para T_ϵ la situación más desfavorable, que es la máxima temperatura a la cual opera el extrusor.

Se considera para T_s una temperatura bajo la cual el plástico adquiere la solidez suficiente para ser pelletizado.

Utilizando la Ecuación 8.5.1 se obtiene:

$$Q_1 = 551 \text{ (lb/hr)} * 0,55 \text{ (BTU/lb}^\circ\text{F)} * [394 \text{ }^\circ\text{F} - 104 \text{ }^\circ\text{F}]$$

$$Q_1 = \mathbf{87884 \text{ (BTU/hr)} = 22161 \text{ (Kcal/hr)}}$$

La energía necesaria para retirar el calor contenido en un flujo de 250 Kilos/hr de polietileno con una temperatura inicial de 200°C y final de 40°C es de 22161Kcal por hora.

Cálculo de masa de agua necesaria para enfriamiento del polietileno

Considerando las condiciones meteorológicas medias de la zona (Dirección Meteorológica de Chile, 2005), se obtienen las siguientes condiciones:

Temperatura aire (bulbo seco) : 15 °C
Humedad relativa : 82%

Por otro lado, a través de una carta psicrométrica, se obtienen los siguientes valores:

Temperatura aire (bulbo húmedo) : 13 °C
Humedad absoluta : 0,008 (Kg vapor/Kg aire seco)

Teóricamente, la temperatura del bulbo húmedo es la temperatura más baja a la cual puede enfriarse el agua refrigerante, en la torre de enfriamiento (Kern, 1965). Pero en la práctica esto es casi imposible, por lo que se consideró que el agua de refrigeración llegará a un mínimo de 20 °C. Se consideró además, que la temperatura del agua refrigerante luego de estar en contacto con el plástico a 200 °C, aumentará a 40 °C.

Considerando que la energía requerida para retirar el calor del polietileno es la misma que el agua otorgará, la ecuación utilizada para calcular la masa de agua refrigerante necesaria, es la siguiente:

$$Q_1 = Q_2 = \dot{M} * C_{p,agua} * \Delta T$$

(Ecuación 8.5.2)

Donde:

\dot{M}_{agua} : Masa de agua refrigerante requerida

Q_2 : Flujo de calor transferido

$C_p \text{ agua}$: Calor específico del agua

$T_{\epsilon} \text{ agua}$: Temperatura de entrada del agua al tanque de enfriamiento

$T_s \text{ agua}$: Temperatura de salida del agua del tanque de enfriamiento

Considerando:

Q_2 : 22161 (Kcal/hr) → 87884 (BTU/hr)

$C_p \text{ agua}$: 1 (Kcal/Kg°K)

$T_{\epsilon} \text{ agua}$: 20 °C → 293 °K

$T_s \text{ agua}$: 40 °C → 313 °K

Suponiendo que el agua evaporada es despreciable y utilizando la Ecuación 8.5.2, se obtiene:

$$Q_2 = Q_1 = \dot{M} \text{ agua} * 1 \left(\text{Kcal} / \text{Kg}^{\circ} \text{K} \right) (313^{\circ} \text{K} - 293^{\circ} \text{K})$$

$$\dot{M} \text{ agua} = 1108 (\text{Kg} / \text{hr})$$

La masa de agua refrigerante necesaria para disminuir la temperatura del polietileno de 200°C a 40°C, considerando una temperatura inicial del agua de 20°C y final de 40°C, es de 1108 (Kg/hr).

Este es el flujo que deberá trasladar la bomba desde el tanque de enfriamiento hasta la torre.

En la tabla 16 se muestra la bomba seleccionada y sus características.

Cálculo de la masa de aire necesaria para enfriamiento del agua de refrigeración

Se consideró la situación más desfavorable en la que todo el calor retirado por el agua refrigerante deberá ser removido nuevamente en la torre de refrigeración, es decir 22161(Kcal/hr).

Se consideró que la temperatura de salida del aire de la torre es 10°C menor que la temperatura de entrada del agua, es decir 30°C. (Ingeniería de Procesos Grupo Yterbion, 2005)

El calor retirado será la suma del calor sensible que genera la disminución de temperatura, y el calor latente que genera la evaporación de una fracción de agua.

$$Q_3 = \left(\dot{M}_{\text{airehumedo}} * C_p_{\text{airehumedo}} * \Delta T \right) + \left(\dot{M}_{\text{aguaevaporada}} * \lambda H \right)$$

(Ecuación 8.5.3.1)

$$C_p_{\text{airehumedo}} = C_p_{\text{aire seco}} + (C_p_{\text{vapordeagua}} * h)$$

(Ecuación 8.5.3.2)

Donde:

$\dot{M}_{\text{airehumedo}}$: Masa de aire necesaria para disminuir la temperatura del agua en la torre de enfriamiento

$\dot{M}_{\text{aguaevaporada}}$: Masa de agua evaporada por el cambio de t°

Q_3 : Transferencia de calor del agua de refrigeración al aire de la torre de enfriamiento

$C_p_{\text{aire seco}}$: Calor específico del aire seco

$C_p_{\text{vapordeagua}}$: Calor específico del vapor de agua

h : Humedad

λH : Entalpía de vaporización del gas – entalpía del agua, a 15°C

$T_{\text{entrada aire}}$: Temperatura de entrada del aire a la torre de enfriamiento

$T_{\text{salida aire}}$: Temperatura de salida del aire de la torre de enfriamiento

Considerando:

Q_3 : 22161 (Kcal/h)

$C_p \text{aire seco}$: 0,24 (Kcal/Kg°K)

$C_p \text{vapordeagua}$: 0,45 (Kcal/Kg°K)

h : 0,008 (Kg vapor/Kg aire seco)

λH : 575 (Kcal/Kg)

$T_{\text{entrada aire}}$: 15°C → 288°K

$T_{\text{salida aire}}$: 30°C → 303°K

La solución a la Ecuación 8.5.3.2 será:

$$C_p \text{airehumedo} = 0.25 \left(\text{Kcal} / \text{Kg}^\circ \text{K} \right)$$

A través de la carta psicrométrica, se determinó la humedad absoluta del aire, la cual es de 0,028 (Kg vapor/Kg aire seco), lo que corresponde a una evaporación de 0,02 Kg de agua por cada Kg de aire seco.

Volviendo a la Ecuación 8.5.3.1:

$$Q_3 = \dot{M}_{\text{airehumedo}} * C_p_{\text{airehumedo}} * (T_{\text{salidaaire}} - T_{\text{entradaaire}}) + \dot{M}_{\text{aguaevaporada}} * \lambda H$$

Considerando:

$$\dot{M}_{\text{airehumedo}} = \dot{M}_{\text{aireseco}} * (1 + 0,08)$$

$$\dot{M}_{\text{aguaevaporada}} = \dot{M}_{\text{aireseco}} * (0,028 - 0,008)$$

Se obtiene:

$$\dot{M}_{\text{aireseco}} = \mathbf{1458 \text{ (Kg/hr)}}$$

$$\dot{M}_{\text{airehumedo}} = \mathbf{1469 \text{ (Kg/hr)}}$$

El requerimiento de aire para disminuir la temperatura del agua de enfriamiento de 40°C a 20°C será **1469 (Kg/hr)**.

Como existe una evaporación de agua, se deberá suministrar una corriente de alimentación de agua fresca, para cumplir con los requerimientos de flujo másico de agua de enfriamiento.

$$\dot{M}_{\text{aguaevaporada}} = (0,028 - 0,008) * 1458 \text{ (Kg/hr)} = \mathbf{29 \text{ (Kg/hr)}}$$

El requerimiento de alimentación de agua fresca será de 29 (Kg/hr).

8.6 Selección de Equipos

Se seleccionó una máquina recicladora para polietileno de tipo film o película, que trabaja en un rango de procesamiento de 180 a 300 Kg/hr. Este equipo se adapta a la capacidad de producción requerida para cumplir con la demanda de 106 ton/mes, y consta de:

Molino: Es un molino para film, con una potencia de 30 HP y una capacidad de procesamiento de 250-350 Kg/hr.

Extrusora: Constituida por una extrusora principal, con una potencia de 60 HP, que permite derretir y homogenizar el material; y una segunda extrusora de 20 HP de potencia, que posee una placa con gran cantidad de orificios circulares, transformando la masa proveniente de la primera extrusión en un conjunto de fibras. La temperatura alcanzada por el equipo, oscila entre 180 y 200 °C.

Tanque de enfriamiento: Para enfriar el plástico proveniente de la extrusión, se selecciona un tanque de acero inoxidable, de 3 x 0,35 x 0,3 metros, que permite la contención de 0,3 m³ de agua.

Pelletizador: El equipo posee un motor de cortado de 7,5 HP y una cuchilla de 16 piezas.

Bomba: El traslado de agua desde el tanque de enfriamiento a la torre se realiza a través de una bomba centrífuga con capacidad máxima de flujo de 2,3 m³/hr y una potencia de 0,5 HP.

Torre de enfriamiento: La torre de enfriamiento seleccionada tiene una capacidad máxima de procesamiento de 2,3 m³/hr, lo cual se ajusta al flujo de agua proveniente del tanque de enfriamiento. La potencia utilizada por la torre es de 0,5 HP.

A continuación en la Tabla 18 se resumen los equipos seleccionados para el proceso productivo de la planta de reciclaje.

Tabla 18: Selección de equipos y sus características.

PROCESO	EQUIPO SELECCIONADO	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO	CARACTERÍSTICAS	PROVEEDOR
Molienda	Molino para film modelo MD-A20	250 – 350 Kg/hr	Incluye sistema de enfriamiento. Motor de 30 HP.	Multiplas Machinery Co. Ltda.
Extrusión	Extrusora modelo SE/WR 120 CD	180 – 300 Kg/hr	Incluye extrusora principal, secundaria, tanque de enfriamiento, cortador y caja de control	Multiplas Machinery Co. Ltda.
Enfriamiento del plástico	Tanque de enfriamiento (Incluido en Extrusora)	180 – 300 Kg/hr	300 litros	Multiplas Machinery Co. Ltda.
Bombeo tanque de enfriamiento/ torre enfriamiento	Bomba centrífuga	2,3 m ³ /hr	Modelo PKM 60. Potencia: 0,5 HP. Diámetro: 1 pulgada	Hidro-tecnica Ltda..
Enfriamiento del Agua	Torre de enfriamiento	2,3 m ³ /hr	Modelo EWK 036/06. Potencia: 0,5 HP.	Pfenniger S.A.
Pelletización	Pelletizador (Incluido en Extrusora)	180 – 300 Kg/hr		Multiplas Machinery Co. Ltda.

* La distribución de los equipos seleccionados puede apreciarse en el plano de la planta.

8.7 Organización de la Planta

8.7.1 División del Proceso Productivo

El proceso productivo se dividió en secciones, de manera de facilitar el control del proceso mediante la elaboración de planillas de control, al igual que la distribución de los equipos.

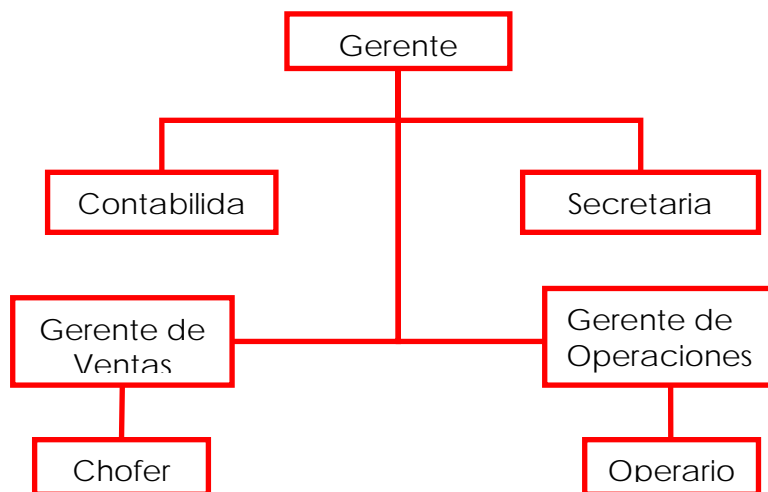
Las secciones son las siguientes:

- Recepción y almacenamiento
- Separación de materia prima
- Molienda de materia prima
- Extrusión
- Envasado y almacenamiento

8.7.2 Organigrama

La empresa corresponde a una Pyme (pequeña y mediana empresa) y como consecuencia cuenta con un número de personal reducido, por lo tanto, su característica principal es la multifuncionalidad de algunos puestos.

La distribución es la siguiente:



8.7.3 Jornada Laboral

El personal administrativo debe cumplir con una jornada laboral de 8 horas diarias de trabajo, de lunes a viernes, con un horario desde las 8:00 a 17:00 horas. (Considerando 1 hora de colación).

La jornada laboral para el personal de producción se divide en 2 turnos diarios de 7,5 horas, de lunes a sábado. El horario será de 8:00 a 15:30 hrs. y de 15:30 a 23:00 hrs.

Con este horario se da cumplimiento a la jornada ordinaria laboral, que de acuerdo al código del trabajo (Ley 19.759), en su artículo 22 del capítulo cuarto, dice: "La duración de la jornada ordinaria de trabajo no excederá las 45 horas semanales".

8.7.4 Determinación del Número de Operarios

Para la estimación del número de operarios se utilizaron las siguientes ecuaciones (Ortega y Robles, 2004):

$$HH = 10.4 * Q_p^{0.25} (\text{horas hombre / día etapa})$$

Ecuación 8.7.4.1

Donde:

HH N° de horas hombre requerida [horas hombre/día etapas]

Q_p Capacidad de producción de planta [ton/día]

Aplicando la Ecuación 8.7.4.1, se obtiene:

$$HH = 14,7 \text{ [horas hombre/días etapa]}$$

Para determinar el n° de operarios totales se utilizó la siguiente ecuación:

$$O = \frac{HH * n}{H_t} (\text{hom bre / día})$$

Ecuación 8.7.4.2

Donde:

O : n° de operarios en la planta [hombre/día]

H_t : horas diarias por turno 7.5 [hr]

n : n° de etapas en el proceso 5 [etapas]

Aplicando la Ecuación 8.7.4.2, se obtiene:

$$O = 9,8 \text{ [hombre/día]} \approx 10 \text{ [hombre/día]}$$

Se sabe que la producción de la Planta de Reciclaje es de 4 [ton/día], por lo que se obtiene un valor de HH de 14,7 [Horas hombre/día etapa]. Con HH y considerando que los turnos son de 7.5 horas diarias y que el n° de etapas en el proceso es de 5, se obtiene que el número de operarios por día es de 10.

Por lo tanto, los operarios contratados en la planta serán 10 personas y como la planta opera en dos turnos diarios, el número de trabajadores por turno será de 5.

Con esas 45 horas semanales en doble turno, se puede llegar a producir 106 ton/mes, trabajando a una velocidad de producción entre 250 – 300 Kg/hr.

8.8 Requerimiento de Superficie

Los objetivos y principios básicos de la distribución de una planta son los siguientes:

- **Integración Total.** Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.
- **Mínima distancia de recorrido.** Al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales, trazando el mejor flujo.
- **Utilización del espacio cúbico.** Aunque el espacio es de tres dimensiones, pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta acción es muy útil cuando se tienen espacios reducidos y su utilización debe ser máxima.
- **Seguridad y bienestar para el trabajador.** Este debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
- **Flexibilidad.** Se debe obtener una distribución fácilmente reajutable a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario. (Baca, 2001)

La planta fue diseñada para tener gran flexibilidad en cuanto al crecimiento y adaptación a nuevos procesos. Se puede observar que está rodeada de áreas verdes, por lo tanto, la zona de almacenamiento y el área de producción pueden crecer con ampliaciones sencillas.

La oficina y zona de recepción están ubicadas al frontis, lo que permite mantener un control sobre la entrada y salida de material. El sector de carga y descarga tiene un área suficiente, que permite maniobrar un camión de 5 toneladas de capacidad, sin mayor dificultad.

Además se dispone de un sector especial para los operarios que incluye camarín con sus respectivos casilleros, baño, cocina y comedor.

La superficie necesaria para la instalación de la planta de reciclaje incluye las instalaciones de proceso en un sector adecuado con el fin de recibir convenientemente las materias primas y enviar directamente a la bodega los productos terminados.

Superficie de Proceso: Este sector debe contar con la superficie necesaria para la instalación de todos los equipos seleccionados y el acceso a ellos. La superficie total ocupada es de 150 m^2 .

Superficie de Bodega: Este sector incluye materia prima para procesar pre y post selección que será almacenada en jaulas metálicas (apiladas de a 2) y producto elaborado que será almacenado en sacos de 25 kilos (apilados de a 15). La superficie total de almacenamiento es de 140 m^2 .

Se incluye como material anexo un plano de la Planta de Reciclaje.

IX. Dimensión Ambiental del Proyecto

Para la obtención de la patente municipal existe una serie de requisitos ambientales que se deben cumplir.

Primero que todo se debe verificar si la actividad es susceptible de causar impacto ambiental de acuerdo a lo establecido en el Artículo 10 de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, con especificación en el Artículo 3° del Reglamento del Sistema de Impacto Ambiental.

Deberán entrar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, según letra O5: "Plantas de tratamiento y/o disposición de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios y estaciones de transferencia que atiendan a una población igual o mayor a 5.000 habitantes" y, de acuerdo a letra O8: "Sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales sólidos".

Este tipo de proyectos deben presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), bajo la forma de una declaración jurada, donde se expresa que el proyecto cumple con la legislación ambiental vigente; acompañando todos los antecedentes que permitan al órgano competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes. Este documento además incluirá la indicación del tipo de proyecto, la identificación del titular, su objetivo, localización, el monto estimado de inversión, la superficie que comprenderá y la justificación de su localización.

Se deben definir las partes, acciones y obras físicas que componen el proyecto o actividad; su vida útil; el plazo estimado de inicio de la ejecución o modificación; la descripción cronológica de sus distintas fases y la descripción de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular contemple realizar.

Junto con presentar la correspondiente DIA, se debe continuar con el procedimiento habitual de obtención de permisos, incluyendo los antecedentes básicos exigidos por la Dirección de Obras Municipales, y los antecedentes

necesarios para que el Servicio de Salud otorgue la Calificación Técnica, ambos imprescindibles para la obtención del permiso de edificación.

Como una manera de incorporar en forma activa, la dimensión ambiental en el proceso de toma de decisiones, es necesario conocer las características de funcionamiento de la planta y qué medidas es necesario tomar en cuenta a la hora de establecerse.

Para este caso se trabajó con una Guía de Autoevaluación técnica del SESMA, la cual fue desarrollada por el Departamento Técnico del Programa de Salud Ocupacional del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente. (Ministerio de Economía, Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia, 1998)

Esta guía (ver Anexo 2) permitió evaluar los aspectos fundamentales de funcionamiento de una industria, como son las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, así como los procedimientos relativos a accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

a) Normas que establecen las condiciones básicas que deben cumplir los lugares de trabajo

- De acuerdo al D.S. 594/00:

Los pavimentos y revestimientos de los pisos serán, en general sólidos y no resbaladizos.

Las paredes interiores, los cielos rasos, puertas y ventanas; y demás elementos estructurales, serán mantenidos en buen estado de limpieza y conservación.

Los pisos de lugares de trabajo, así como los pasillos de tránsito, se mantendrán libres de obstáculos para asegurar un fácil y seguro desplazamiento. Así también los espacios entre maquinaria por donde circulen personas cumplirán con el mínimo exigido de 150 cm.

La empresa contará de entre 1 a 10 trabajadores (sexo masculino), por turno, por lo que la cantidad de artefactos sanitarios de un excusado, un lavatorio y una ducha, corresponde a lo exigido en el Artículo 23 de la normativa. Además, todos los servicios higiénicos, estarán conectados a una red de alcantarillado, lo que asegura que las aguas servidas de carácter domésticos sean conducidas a la red pública.

Debido a que la actividad produce suciedad corporal, se requiere el cambio de ropa. Por lo tanto, la empresa estará dotada de un recinto destinado a vestidor, en el que además se dispondrán los casilleros guardarropas acorde al número de trabajadores, dando cumplimiento a lo establecido en el Artículo 27 de la norma.

Se contará con un comedor destinado al consumo de alimentos, que estará completamente aislado de las áreas de trabajo, y de cualquier fuente de contaminación ambiental, adoptándose las medidas necesarias para mantener las condiciones higiénicas apropiadas.

El comedor estará provisto de mesas y sillas con cubierta de material lavable, piso de material sólido y de fácil limpieza, de un lavaplatos, un refrigerador, cocinilla o microondas.

b) Normas que regulan ruidos

- De acuerdo al D.S. N° 594/00:

La exposición ocupacional a ruido estable o fluctuante será controlada, de modo que ningún trabajador estará expuesto a un nivel de presión sonora sobre 85 dB.

Para minimizar los efectos que pueda tener el ruido sobre los operarios, se les proveerá de audífonos a cada uno de ellos, siendo su uso de carácter obligatorio.

- De acuerdo al D.S. N° 146/97:

Para evitar la percepción de ruidos molestos fuera de la planta, las murallas interiores serán revestidas con un aislante acústico, y se construirá una barrera acústica de tipo vegetal alrededor del emplazamiento.

c) Normas que regulan las emisiones atmosféricas

- De acuerdo al D.S. N° 144/61:

Pese a que las emanaciones gaseosas producidas en el proceso productivo no son consideradas de carácter peligrosas para la salud del trabajador y/o de la comunidad circundante, serán captadas dentro de la planta por un extractor de aire y un filtro de carbón activo, que permite realizar un tratamiento de adsorción. Lo que evita cualquier tipo de riesgo a los trabajadores, población circundante y medio ambiente.

- De acuerdo al D.S. N° 594/00:

Cumpliendo con lo establecido en el Artículo 32 de este decreto, se mantendrá una buena ventilación mecánica, que evitará la concentración de contaminantes dentro del recinto de trabajo.

d) Normas que regulan los Residuos Industriales Líquidos (RILES)

- De acuerdo a la Ley N° 3.133/16 y al D.S. N° 351/92:

Acorde con lo establecido en esta Ley y en su Reglamento, el establecimiento no verterá ningún tipo de residuo industrial líquido y/o sólido a ningún medio acuífero.

- De acuerdo al D.S. N° 609/98:

Se disminuirá la temperatura del agua proveniente del proceso de enfriamiento, con lo cual se cumplirá lo establecido en este decreto, evitando cualquier riesgo a la población circundante y medio ambiente.

e) Normas que regulan Residuos Industriales Sólidos y Sustancias Peligrosas

- De acuerdo al D.S. N° 148/03:

El material que se procesará en la planta (polietileno de alta y baja densidad), no es corrosivo, inflamable y/o reactivo, por lo que no es considerado peligroso y no será necesario realizar una gestión de Residuos Peligrosos.

f) Normas que regulan la seguridad y salud ocupacional

- De acuerdo al D.S. 594/00:

Debido al riesgo de incendio existente, la Planta de reciclaje de polietileno contará con extintores para fuego del tipo A (Combustibles sólidos comunes, tales como maderas, papel, género, etc). Se contará además con un extintor para tipo de fuego C (equipos que se encuentran energizados eléctricamente). Se les realizará una constante revisión, para asegurar su correcto funcionamiento; además se les ubicarán en lugares de fácil acceso y clara identificación.

Todo el personal de la fábrica será instruido y entrenado sobre la manera de utilizar los extintores en caso de emergencia.

Al personal de la Planta, se le proporcionará protección personal adecuada al riesgo a cubrir y se les instruirá sobre el correcto uso de estos implementos, todo esto sin costo para ellos.

- De acuerdo a la Ley N° 16.744 y al D.S. N° 40:

La empresa se adherirá a una Mutualidad que proteja la salud y otorgue seguridad a los trabajadores.

Una vez implementadas todas las medidas incluidas en las normativas vigentes, para evitar riesgos y molestias, se presentará el proyecto ante la Autoridad Sanitaria, para la obtención de la Patente otorgada por la Municipalidad de Valparaíso.

X. Viabilidad Económica

En este capítulo se determinó la factibilidad económica de instalar una Planta de Reciclaje de Polietileno de HDPE y LDPE en la Quinta región, específicamente Valparaíso, Placillas.

En la etapa de Evaluación Económica, se busca determinar la rentabilidad de la inversión en el proyecto; por lo que se requiere de información necesaria para cuantificar el total de gastos previos de la puesta en marcha y los costos e ingresos de operación posterior a la puesta en marcha. Todos estos datos, derivados de los estudios de mercado, localización, capacidad y organización.

La viabilidad del proyecto se determinará utilizando indicadores TIR (Tasa de Retorno Interna) y VAN (Valor Actual Neto)

Para realizar esta evaluación se tomarán en cuenta el cálculo de los siguientes ítems.

- **Ingresos Operacionales:** Corresponden a ingresos por venta de material procesado.
- **Costos Operacionales:** Incluyen costos en recursos básicos, gastos de mantención, artículos de escritorio y artículos de aseo y cocina.
- **Gastos y Costos Administrativos:** Incluyen gastos en contabilidad, sueldos de gerencia y secretaria.
- **Depreciación:** Se calcula para el activo fijo que corresponde a los equipos utilizados en el proceso productivo. Para este caso se aplica el método de línea recta sin valor residual; es decir, se deprecia todo el activo en proporción similar cada año.
- **Inversión:** Incluye gastos en terreno, edificación, maquinaria, inmobiliario, costos de capacitación en campañas de reciclaje, costos de recolección, vehículo de carga y capital de trabajo.

Los detalles para la determinación de estos valores, se incluyen en el Anexo 3.

10.1 Flujo de Caja

En el estudio económico de un proyecto industrial, es de mucha utilidad conocer el flujo de dinero en el sistema operativo de la planta. Esta circulación de dinero es conocida como flujo de caja e involucra los ingresos y egresos, separando la suma de las utilidades y la depreciación, las que son acumuladas como ítem aparte y que constituyen la base para juzgar la rentabilidad de un proyecto. (Ortega y Robles, 2004)

La proyección del Flujo de caja constituye uno de los elementos más importantes del estudio económico de un proyecto, ya que, los costos que la componen se derivan de los estudios de mercado y técnico; y cada uno de ellos definió los resultados básicos necesarios para la operación óptima en cada área y cuantificó los costos de su utilización. (Sapag y Sapag, 2000)

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos: a) *los egresos iniciales de fondo*, que corresponden al total de la inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto; b) *los ingresos y egresos de operación*, que constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja; c) el momento en que ocurren los ingresos y egresos; y d) el valor de desecho o salvamento del proyecto. (Sapag y Sapag, 2000)

El flujo de caja se expresa en momentos. El momento cero reflejará todos los egresos previos a la puesta en marcha del proyecto. El horizonte de evaluación depende de las características de cada proyecto. Si la empresa que se crearía con el proyecto tiene objetivos de permanencia en el tiempo, se puede aplicar la convención generalmente usada de proyectar los flujos a diez años, donde el valor de desecho refleja el valor del proyecto por los beneficios netos esperados después del año diez. (Sapag y Sapag, 2000)

10.2 Cálculo del VAN

Este método de evaluación de la rentabilidad de un proyecto tiene un buen grado de exactitud, porque considera el valor del tiempo en el dinero, o sea, que 1 U\$ de hoy vale mas que uno en varios años mas, sin considerar la inflación, ya que, ese dinero puede devengar intereses en el futuro. Para actualizar a la fecha esas futuras rentabilidades del dinero, o flujos de caja, se aplican tasas de descuento. (Ortega y Robles, 2004)

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el Van es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. (Sapag y Sapag, 2000)

La formulación matemática de este criterio es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde Y_t representa el flujo de ingresos del proyecto, E_t sus egresos e I_0 la inversión inicial en el momento cero de la evaluación. La tasa de descuento se representa mediante i

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Que es lo mismo que

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde **BN** representa el beneficio neto del flujo en el periodo t . Obviamente, BN puede tomar un valor positivo o negativo.

Al aplicar este criterio, el VAN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión; si el resultado fuese por ejemplo 100 positivos, indicaría que el proyecto proporciona

esa cantidad de remanente por sobre lo exigido. Si el resultado fuera 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista. (Sapag y Sapag, 2000)

10.3 Cálculo de TIR

El criterio de la Tasa Interna de Retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR, representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero. (Sapag y Sapag, 2000)

La Tasa Interna de Retorno, puede calcularse aplicando la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=0}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t} + I_0$$

Donde r es la tasa interna de retorno. Al simplificar y agrupar los términos, se obtiene lo siguiente:

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Que es lo mismo que

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Se puede observar que el criterio de TIR es equivalente a hacer el VAN igual a cero y determinar la tasa que permite al flujo actualizado, ser cero.

La tasa así calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la TIR es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse y si es menor debe rechazarse. (Sapag y Sapag, 2000)

La consideración de aceptación de un proyecto cuyo TIR es igual a la tasa de descuento, se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero. (Sapag y Sapag, 2000)

Este es uno de los indicadores más usados en la actualidad para analizar la rentabilidad de una inversión, ya que, da como resultados valores absolutos, además, tiene la característica de considerar el valor del tiempo en el dinero, lo que lo hace mas preciso aún. (Ortega y Robles, 2004)

A continuación en las Tablas 19 y 20 se puede apreciar el flujo de caja (en dólares) del proyecto bajo dos escenarios; el primero considerando una producción con la capacidad media de los equipos (que se ajusta a la demanda del producto), y un segundo escenario que considera la máxima capacidad de producción de los equipos. Los detalles del flujo se encuentran en el Anexo 4.

Para ambos escenarios se considera un incremento de producción anual del 5%, que incide en la compra de materia prima, los envases, y disposición de residuos.

Por otro lado, se considera una tasa de descuento de 15%, lo cual es un valor realista, y bastante alto en comparación con proyectos de riesgo similar, y que arroja un VAN menos atractivo que si la tasa de descuento fuese menor.

FLUJO DE CAJA ESCENARIO 1												
Período	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	
Ingresos Operacionales (+)		573034	601686	631770	663358	696526	731353	767920	806316	846632	888964	
Costos Operacionales (-)		95911	100482	105282	110322	115614	121171	127005	133131	139563	146317	
UTILIDAD BRUTA		477123	501203	526488	553036	580912	610182	640915	673185	707069	742647	
Egresos operacionales (-)		182015	186586	191386	196426	201718	207275	213109	219235	225667	232421	
UTILIDAD OPERACIONAL		295108	314617	335101	356610	379194	402908	427807	453950	481402	510225	
Gastos y costos administrativos (-)		25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	
Depreciación (-)		9028	8888	8888	8780	8780	8780	8780	8658	8658	8543	
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		260420	280069	300553	322170	344754	368467	393366	419632	447083	476022	
Impuesto (15%) (-)		39063	42010	45083	48325	51713	55270	59005	62945	67062	71403	
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO		221357	238058	255470	273844	293041	313197	334361	356687	380021	404619	
Inversión (-)		-185501										
Depreciación (+)			9028	8888	8888	8780	8780	8780	8658	8658	8543	
FLUJO TOTAL ANUAL		-185501	230385	246947	264358	282625	301821	321977	343142	365346	388679	413162

Tabla 19: Flujo de caja para una producción con capacidad media de la maquinaria (250 Kg/h)

Los ítems considerados para la determinación de los Costos Operacionales y para Ingresos Operacionales se detallan en el Anexo 4.

Índices Económicos	
VAN (Valor Actual Neto)	1287277
TIR (Tasa Interna de Retorno)	131%
Tasa de Descuento ®	15%

FLUJO DE CAJA												
Periodo	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	
Ingresos Operacionales (+)		633775	665464	698737	733674	770357	808875	849319	891785	936374	983193	
Costos Operacionales (-)		95911	100482	105282	110322	115614	121171	127005	133131	139563	146317	
UTILIDAD BRUTA		537864	564981	593455	623352	654743	687705	722314	758654	796811	836876	
Egresos operacionales (-)		182015	186586	191386	196426	201718	207275	213109	219235	225667	232421	
UTILIDAD OPERACIONAL		355849	378395	402068	426925	453025	480430	509205	539419	571144	604454	
Gastos y costos administrativos (-)		25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	
Depreciación (-)		9028	8888	8888	8780	8780	8780	8780	8658	8658	8543	
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		321161	343847	367520	392485	418585	445990	474765	505101	536825	570251	
Impuesto (15%) (-)		48174	51577	55128	58873	62788	66898	71215	75765	80524	85538	
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO		272987	292270	312392	333612	355797	379091	403550	429336	456302	484713	
Inversión (-)	-185501											
Depreciación (+)		9028	8888	8888	8780	8780	8780	8780	8658	8658	8543	
FLUJO TOTAL ANUAL	-185501	282015	301158	321280	342393	364578	387872	412331	437994	464960	493257	

Tabla 20: Flujo de caja para una producción con capacidad máxima de la maquinaria (300 Kg/h)

Los ítems considerados para la determinación de los Costos Operacionales y para Ingresos Operacionales se detallan en el Anexo 4.

Índices Económicos	
VAN (Valor Actual Neto)	1595694
TIR (Tasa Interna de Retorno)	159%
Tasa de Descuento ®	15%

Finalmente, para un escenario realista de producción, con la capacidad media de la maquinaria, se obtiene un **VAN de 1.287.277** y un **TIR de 131%**.

Para un escenario optimista de producción, con la capacidad máxima de la maquinaria, se obtiene un **VAN de 1.595.694** y un **TIR de 159%**.

En ambos casos, el proyecto es rentable.

XI. Impactos Positivos del Proyecto

Uno de los principales impactos positivos del proyecto, es el desvío de plásticos que en lugar de ser trasladados al vertedero el Molle, son procesados en la planta de reciclaje.

De las 19.740 ton/mes de RSU que recibe actualmente el vertedero El Molle, en promedio un 6% (1184,4 ton/mes) corresponde a material plástico. De este total se estima que un 43,2% (511,6 ton/mes) corresponde a Polietileno.

Considerando el aporte escolar y de grandes tiendas comerciales, se obtiene que:

- La cantidad de polietileno que deja de ir a los sitios de disposición, gracias al proyecto de reciclaje, es de 83 [ton/mes].
- La disminución es de un 16,2%
- El porcentaje de plásticos totales que dejan de ir a los sitios de disposición, gracias al proyecto, es de un 7%.

Además, se genera un impacto positivo en la educación ambiental, ya que, al trabajar con colegios se logra inculcar, en los niños la importancia del reciclaje, como una manera de conservar los recursos naturales.

Se crea una alternativa de tratamiento de residuos generados por procesadoras de polietileno y por grandes tiendas de la zona, lo que permite a las empresas desarrollar una gestión de sus residuos plásticos y como consecuencia se logran procesos de producción más limpios.

XII. Conclusiones

- El estudio de mercado permitió verificar el interés existente, por parte de las empresas procesadoras de la región, en el producto a elaborar y su posible demanda.
- A partir de la campaña piloto de reciclaje, realizada en un establecimiento educacional de la ciudad de Viña del Mar y la extrapolación de los datos obtenidos, al total de los establecimientos de las localidades de Valparaíso y Viña del Mar; el aporte per capita y el total de alumnos participantes, resultan en una contribución de 84,3 ton/mes de polietileno.
- Se determinó que el proyecto es técnicamente factible, basándose en criterios como la ubicación de la planta de reciclaje, la capacidad productiva, selección y síntesis del proceso, balance de masa y de energía, selección de equipos, organización y requerimientos de superficie.
- Se determinó que el proyecto es económicamente viable al obtener un VAN = 1.287.277 y un TIR = 131% bajo un escenario realista. Bajo un escenario optimista, se obtiene un VAN = 1.674.762 y un TIR = 166%.
- La aplicación del marco legal y la dimensión ambiental vigente, permite inferir que la instalación de la planta de reciclaje, no genera un impacto negativo en la población circundante y medio ambiente en general.
- El proyecto tiene un impacto ambiental positivo, ya que, permite disminuir en un 7% el total de desechos plásticos que van a dar al vertedero "El Molle", y a la vez ofrece una alternativa viable de manejo de residuos plásticos.

XIII. Recomendaciones y Observaciones

- La campaña piloto de reciclaje arroja como resultado un aporte per capita que será extrapolado a los demás establecimientos de la zona. Es importante destacar que no todos los establecimientos tendrán el mismo comportamiento, ya que, eso dependerá de diversos factores, tales como: nivel socioeconómico, entusiasmo por parte de los alumnos, apoyo e incentivo de los profesores, apoyo de los padres, entre otros. Sin embargo, para el caso, sólo se considera la cantidad promedio de plásticos recolectados, como una forma de simplificar la metodología utilizada.
- En el estudio técnico se consideró en forma activa la dimensión ambiental, basándose en el cumplimiento de los requisitos estipulados en la normativa correspondiente. Por lo tanto, a pesar de que teóricamente los residuos que se generan no infringen ninguna normativa, se propone realizarles un análisis químico y biológico para asegurar el bienestar de la comunidad y del medio ambiente.
- La instalación de una planta de reciclaje de plásticos sería una excelente ayuda como alternativa al manejo de residuos sólidos, ya que implicaría una disminución notable en la cantidad de desechos plásticos llevados a los sitios de disposición. Sin embargo, siempre hay una degradación del polímero, disminuyendo su calidad. Esto lleva a que tarde o temprano el plástico deba ser desechado, finalizando su vida útil en un vertedero. Por esto, la opción de reciclaje debe ser llevada a cabo en última instancia, siendo la primera opción la reducción de utilización del plástico.

XIV. Bibliografía

- 1) BACA URBINA, GABRIEL. 2001. Evaluación de Proyectos. 4º Edición. México. McGraw Hill.
- 2) CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. 2002. Documento de Difusión "Opciones de Producción más limpia, Sector Plásticos".
- 3) CERECEDA BALIC, FRANCISCO. 1998. Apuntes de Química y Sociedad: cuaderno de trabajo. Valparaíso, Chile. Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Química.
- 4) CHANG, RAIMOND. 1999. Química. Sexta Edición. México. Editorial McGraw Hill Interamericana.
- 5) COMISIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS REGIÓN DE VALPARAÍSO. Agosto 2004. Informe Final Sobre la Situación Actual de los Sitios de Disposición Final de RSD en la Región. Chile.
- 6) GUERRERO ALVARADO CLAUDIA, SILVA CÉSPEDES GABRIEL. 2000. Diagnóstico de los sitios de disposición final de los RSU, diseño e implementación de un sistema de calificación ambiental de estos sitios en la V Región. Santiago de Chile. USACH, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica.
- 7) ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE VALPARAÍSO. Plan Regulador comunal de Valparaíso. Modificación Sector Placillas de Peñuelas. Chile.
- 8) ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE VIÑA DEL MAR. Ordenanza Municipal. Chile.
- 9) KERN, DONALD QUENTIN. 1965. Procesos de Transferencia de Calor. Mexico. Cecsca.
- 10) LUND, HERBERT F. 1996. Manual McGraw-Hill de Reciclaje. Vol I. Madrid. McGraw-Hill.
- 11) LUND, HERBERT F. 1996. Manual McGraw-Hill de Reciclaje. Vol II. Madrid. McGraw-Hill.
- 12) MARTINEZ DE LAS MARIAS, P. 1972. Química y Física de los Altos Polímeros y Materias Plásticas. Madrid. Alhambra.
- 13) MINISTERIO DE ECONOMÍA, SECRETARÍA EJECUTIVA DE PRODUCCIÓN LIMPIA. 1998. Manual de Auditoria en Producción Limpia. Chile. MINISTERIO DE OBRAS

- PÚBLICAS. Ley N° 3.133/16: Neutralización de Residuos provenientes de establecimientos industriales. 7 septiembre 1916. Chile.
- 14) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. D.S. N° 351/92: Reglamento para la neutralización de residuos industriales líquidos. 23 febrero 1993. Chile.
 - 15) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. D.S. N° 609/98: Norma de emisión para la regularización de contaminantes asociados a las descargas de RILES a los sistemas de alcantarillado. 20 julio 1998. Chile.
 - 16) MINISTERIO DE SALUD. D.S. N° 144/61: Normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquiera naturaleza. 18 mayo 1961. Chile.
 - 17) MINISTERIO DE SALUD. D.F.L. N° 725/67: Código Sanitario. 31 enero 1968. Chile.
 - 18) MINISTERIO DE SALUD. 2000. D.S. N° 594: Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. 15 de septiembre 1999. Chile.
 - 19) MINISTERIO DE SALUD. D.S. N° 148/03: Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos. 16 junio 2004. Chile.
 - 20) MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. D.S. N° 146/97: Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas. 17 abril 1998. Chile.
 - 21) MINISTERIO DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL. Ley N° 16.744/68: Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. 1 febrero 1968. Chile.
 - 22) MINISTERIO DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL. D.S. N° 40/69: Reglamento sobre prevención de riesgos profesionales. 7 marzo 1969. Chile.
 - 23) MIRANDA AGUILERA, JORGE A. 1995. Reciclaje de plásticos. Memoria de Ingeniero Civil Industrial. Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María.
 - 24) NÁPOLI CORVALÁN GIANNI, ZAPATA ORELLANA PABLO. 2001. Estudio de Prefactibilidad técnico económica para la instalación de una planta recicladora de residuos plásticos en la ciudad de villa Alemana. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico. Valparaíso, Universidad Federico Santa María.
 - 25) ORTEGA M^a FRANCISCA, ROBLES ROSA. 2004. Evaluación Técnico Económica de una Planta de Carragenina. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso.

- 26) PERRY, ROBERT H. 1973. Chemical engineers' Handbook. 5º Edición. McGraw Hill
- 27) PLASTIGUIA 2003-2004, Publicación bienal editado por los industriales del plástico de Chile, ASIPLA. 2004. Santiago, Chile. N° 68, Marzo 2004.
- 27) PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 2002. Directrices técnicas para la identificación y el manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y para su eliminación. En: CONFERENCIA de las partes del convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación: 9 al 13 de diciembre de 2002. Ginebra.
- 28) ROJAS GALINDO, CESAR A. 2002. Reestudio de una planta de Reciclaje de Residuos Plásticos en la Quinta Región, combinando enfoques clásico de Proyectos y el concepto 3D Inteligente. Memoria de Ingeniero Civil Industrial. Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María.
- 29) SAPAG CHAIN NASSIR, SAPAG CHAIN REINALDO. 2000. Preparación y Evaluación de Proyectos. 4º Edición. McGraw-Hill.
- 30) SILVA LOBO CAROLINA, BRAVO SOTO LIGEIA. 2004. Guía Educativa para el Reciclaje de Acero. Chile. Casa de la Paz.
- 31) SOLAR PINTO, MIRKO. 1996. Reciclaje de Envases de Plástico PET. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María.
- 32) THE OPEN UNIVERSITY. 1974. Macromoléculas. Colombia. McGraw-Hill, Latinoamericana.
- 33) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO: Facultad de Ingeniería, Ingeniería en Construcción. 1996. Estudio y Plan de Manejo de Residuos Sólidos en la ciudad de Viña del Mar. Preinforme final Viña del Mar, Tomo I.
- 34) VEGA DE KUYPER, JUAN CARLOS. 1997. Química Orgánica para Estudiantes de Ingeniería. 2ª Edición. Chile. Editorial Universidad Católica de Chile.

Direcciones electrónicas

- 1) ACRR (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje). Guía de buenas practicas para el reciclaje de los residuos plásticos. Julio 2004. <http://www.procesosvirtuales.com/VirtualPRO/2004/Julio/TI_Reciclajelll.htm> [consulta: 24 diciembre 2004]
- 2) DURAN, ANA LUZ. 1997. Evaluación técnico económica de los procesos de reciclaje de desechos domésticos: los casos del vidrio, papel y plásticos. [en línea] <www.cepis.ops_oms.org/eswww/fulltext/repind59/ete/ete.html> [Consulta: 10 de Mayo 2004].
- 3) DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE. 2004. [en línea] <www.meteochile.cl> [consulta: 7 marzo 2005]
- 4) INGENIERIA DE PROCESOS, GRUPO YTERBION. 2005. [en línea] <www.torres-refrigeracion.com> [consulta: 7 marzo 2005]
- 5) RIGAPLAST INDUSTRIAL S.A. 2004. Polietilenos [en línea] <<http://www.rigaplast.com/paginas/materiales.htm>> [consulta: 7 de mayo 2004]
- 6) MINISTERIO DE SALUD. 2004. Normativas Ambientales para Pymes. [en línea] Chile. <www.minsal.cl> [consulta: 5 noviembre 2004]
- 7) RÖBEN, EVA. 2003. El Reciclaje: Oportunidades Para Reducir la Generación de los Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Círculo Económico. [en línea] Ecuador. DED (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica)/ I. Municipalidad de Loja, Ecuador <www.ded.org.ec/text3004es.pdf > [consulta: 22 junio 2004]
- 8) UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO. 2000. Diagnóstico para la localización de vertederos en la V Región. [en línea] <www.conama.cl/certificacion/1142/articles-28830_recurso_7.pdf> [consulta: 5 diciembre 2004]

XV. Anexos

Anexo1: Selección de establecimientos educacionales de las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso

COMUNA	ESTABLECIMIENTO	MATRICULA	LOCALIDAD
VALPARAISO	COL.NTRA. SRA.DE LA MISERICORDIA 0	318	CERRO ALEGRE
VALPARAISO	COLEGIO GANDHI 0	117	CERRO ALEGRE
VALPARAISO	COLEGIO INTERNACIONAL 0	159	CERRO ALEGRE
VALPARAISO	COLEGIO LUIS GALDAMEZ 428	238	CERRO ALEGRE
VALPARAISO	ESCUELA PARTICULAR SAN LUIS 20	226	CERRO ALEGRE
VALPARAISO	LICEO PEDRO MONTT 0	365	CERRO ALEGRE
VALPARAISO	COL. SAGRADO CORAZON DE JESUS 42	344	CERRO BARON
VALPARAISO	ESC. PART. FRAY LUIS BELTRAN 258	326	CERRO BARON
VALPARAISO	ESCUELA " JUAN DE SAAVEDRA" 0	395	CERRO BARON
VALPARAISO	COLEGIO JEANNE D'ARC 0	481	LOS PLACERES
VALPARAISO	COLEGIO JORGE WILLIAMS 0	181	LOS PLACERES
VALPARAISO	COLEGIO SAN PIO X 0	435	LOS PLACERES
VALPARAISO	ENGLISH COLLEGE VILLA PLACERES 413	116	LOS PLACERES
VALPARAISO	ESC. BASICA CIUDAD DE BERLIN E 275	215	LOS PLACERES
VALPARAISO	ESC. DR. ERNESTO QUIROZ WEBER F 311	305	LOS PLACERES
VALPARAISO	ESC. REPUBLICA DE PARAGUAY D 249	497	LOS PLACERES
VALPARAISO	ESCUELA BASICA CIRUJANO VIDELA F 301	489	LOS PLACERES
VALPARAISO	LICEO HERNAN OLGUIN A 19	293	LOS PLACERES
VALPARAISO	COLEGIO MIGUEL DE UNAMUNO 0	336	PLACILLA
VALPARAISO	COLEGIO REPUBLICA DE MEXICO E 268	199	PLACILLA
VALPARAISO	ESCUELA DE PARVULOS SANTA CLARA 0	295	PLACILLA
VALPARAISO	LIC. MIXTO JOSE MIGUEL CARRERA 0	156	PLACILLA
VALPARAISO	COLEGIO ALBORADA DE CURAUMA 0	218	PLACILLA PENUELA
VALPARAISO	CENTRO EDUCACIONAL R. DE SUECIA F 507	120	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO DABRUNA 0	253	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO LUTERANO CONCORDIA 0	514	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO MARIA AUXILIADORA 0	450	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO PATRICIO LYNCH 0	250	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO SAN VICENTE DE PAUL 0	338	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO SANTO DOMINGO DE GUZMAN 0	332	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COLEGIO VICTOR ANTONIO 497	100	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	ESC. BAS. REP. ARABE SIRIA D 246	379	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	ESC. BASICA DIEGO PORTALES E 267	234	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	ESC. PART. JUNIOR SCHOOL N2 361	700	PLAYA ANCHA

VALPARAISO	ESC. CARABINERO PEDRO CARIAGA M. E 266	282	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	ESCUELA BASICA JAPON E 260	303	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	ESCUELA BASICA PACIFICO E 271	190	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	ESCUELA PARTICULAR VACCAREZZA 230	156	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	LIC.POLIT.COMPUTACIONAL A.NAZAR A 23	338	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	LICEO MARIA LUISA BOMBAL B 26	458	PLAYA ANCHA
VALPARAISO	COL.INMAC.CONCEP.NTRA.SRA.DE LOURDES 0	282	SECT. ALMENDRAL
VALPARAISO	COLEGIO SAN PEDRO NOLASCO 0	276	SECT. ALMENDRAL
VALPARAISO	ESCUELA BASICA GRECIA D 251	941	SECT. ALMENDRAL
VALPARAISO	COLEGIO DE LOS SAGRADOS CORAZONES 0	409	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	ESC. BAS. GASPAR CABRALES D 250	821	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	ESC. BAS. RAMON BARROS LUCO D 270	1490	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	ESCUELA BAS. REP. DEL URUGUAY D 256	937	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	ESCUELA BASICA ALEMANIA D 255	910	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	LICEO CARLOS COUSINO 0	273	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	LICEO COEDUC. LA IGUALDAD 0	721	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	LICEO N1 DE NINAS MA. FRANCK B 30	597	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	SAN IGNACIO DE LOYOLA 13	671	SECTOR ALMENDRAL
VALPARAISO	COLEGIO ARTURO EDWARDS 0	709	SECTOR CENTRO
VALPARAISO	COLEGIO PART. ADVENTISTA 38	275	SECTOR CENTRO
VALPARAISO	ESC. PART. TERESITA DE LISIEUX 242	489	SECTOR CENTRO
VALPARAISO	LICEO MATILDE BRANDAU DE ROSS A 25	593	SECTOR CENTRO
VALPARAISO	SCUOLA ITALIANA ARTURO DELL'ORO 0	437	SECTOR CENTRO
VALPARAISO	ESCUELA PARTICULAR SANTA ANA 3	465	SECTOR PUERTO
VALPARAISO	COL.PRESBITERIANO DAVID TRUMBULL 69	141	VALPARAISO
VALPARAISO	COLEGIO SALESIANO VALPARAISO 0	642	VALPARAISO
VALPARAISO	COLEGIO SPEIRO 0	163	VALPARAISO
VALPARAISO	LICEO JUANA ROSS DE EDWARDS 0	729	VALPARAISO
VALPARAISO	SEMINARIO SAN RAFAEL 0	501	VALPARAISO

COMUNA	ESTABLECIMIENTO	Matrícula	LOCALIDAD
VINA DEL MAR	COLEGIO MANANTIAL 0	664	ACHUPALLAS
VINA DEL MAR	ESC. BAS. MINISTRO ZENTENO E 368	876	ACHUPALLAS
VINA DEL MAR	ESC. BAS. VILLA INDEPENDENCIA F 348	560	ACHUPALLAS
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA EL LIBANO F 362	200	ACHUPALLAS
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA LA PARVA E 353	187	ACHUPALLAS
VINA DEL MAR	COLEG. EXP. NINOS CANTORES DE VINA DEL M 0	195	AGUA SANTA
VINA DEL MAR	COLEGIO HERMANOS CLARK F 340	122	AGUA SANTA
VINA DEL MAR	COLEGIO PATMOS 0	155	AGUA SANTA
VINA DEL MAR	COLEGIO PROFESOR HUGUET 0	123	AGUA SANTA

VINA DEL MAR	COLEGIO WINTERHILL 0	189	AGUA SANTA
VINA DEL MAR	LICEO INMACULADA DE LOURDES ANEXO 0	311	AGUA SANTA
VINA DEL MAR	SAINT PAUL'S SCHOOL 0	401	AGUA SANTA
VINA DEL MAR	COL.SS.CC.MONJAS FRANCESAS 0	196	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO SAN IGNACIO 0	216	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO BRITANICO ST. MARGARET'S S.A. 0	576	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO FRANCO INGLES 0	136	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO INGLES SAN PATRICIO 0	198	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO MARIA AUXILIADORA 0	149	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO PANAMERICAN 0	226	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO REP. DE COLOMBIA D 322	543	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO SAINT DOMINIC 0	489	CENTRO
VINA DEL MAR	COLEGIO SSCC PADRES FRANCESES 0	412	CENTRO
VINA DEL MAR	ESC HUMBERTO VILCHES ALZAMORA D 319	597	CENTRO
VINA DEL MAR	ESC. BASICA REP. DE ECUADOR D 316	1154	CENTRO
VINA DEL MAR	ESC. LIBERTADOR BDO. O'HIGGINS R. D 339	571	CENTRO
VINA DEL MAR	ESC. PART. HUGO ERRAZURIZ 24	702	CENTRO
VINA DEL MAR	ESC. PART. SANTA FILOMENA 29	279	CENTRO
VINA DEL MAR	HEBREO DR. JAIM WEITZMAN 0	110	CENTRO
VINA DEL MAR	SAINT PETER'S SCHOOL 0	183	CENTRO
VINA DEL MAR	THE INTEGRITY COLLEGE 0	295	CENTRO
VINA DEL MAR	COL ESPANOL ISABEL LA CATOLICA 0	209	CHORRILLOS
VINA DEL MAR	COLEGIO ALEMAN DE VALPARAISO 0	657	CHORRILLOS
VINA DEL MAR	COLEGIO EVANGELICO LABRANZA DE DIOS 0	151	CHORRILLOS
VINA DEL MAR	ESC.BAS.CARDENAL JOSE MARIA CARO F 352	138	CHORRILLOS
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA VIOLETA PARRA G 354	227	CHORRILLOS
VINA DEL MAR	SEMINARIO SAN RAFAEL 0	401	CHORRILLOS
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA CHORRILLOS E 323	385	CHORRILLOS BAJO
VINA DEL MAR	ESC. BASICA PAUL HARRIS E 343	476	FORESTAL
VINA DEL MAR	ESCUELA PART GUILLERMO TELL 444	147	FORESTAL
VINA DEL MAR	SAINT JULLIAN COLLEGE 380	244	FORESTAL
VINA DEL MAR	COLEGIO BLANCA VERGARA 384	586	FORESTAL ALTO
VINA DEL MAR	ESC. BAS. DR. OSCAR MARIN SOCIAS D 345	919	FORESTAL ALTO
VINA DEL MAR	ESC. PDTE. EDO. FREI MONTALVA F 369	408	FORESTAL ALTO
VINA DEL MAR	COLEGIO AGUSTIN ESCOBAR 0	349	FORESTAL BAJO
VINA DEL MAR	ESCUELA" Dr. ALDO FRANCIA BOIDO" F 365	211	FORESTAL BAJO
VINA DEL MAR	ESC. ALMIRANTE GOMEZ CARRENO D 356	1036	GOMEZ CARRENO
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA UNESCO D 318	488	GOMEZ CARRENO
VINA DEL MAR	LICEO PARROQUIAL SAN ANTONIO 0	1081	GOMEZ CARRENO
VINA DEL MAR	COLEGIO ANA MARIA JANER 0	974	MIRAFLORES

VINA DEL MAR	COLEGIO CRISTIANO EBEN EZER 443	184	MIRAFLORES
VINA DEL MAR	COLEGIO NUEVA AMERICA 0	118	MIRAFLORES
VINA DEL MAR	COLEGIO SAN LUIS 310	177	MIRAFLORES
VINA DEL MAR	ESC. BASICA REP. DE GUATEMALA E 124	533	MIRAFLORES
VINA DEL MAR	COLEGIO MIRAFLORES D 329	1161	MIRAFLORES ALTO
VINA DEL MAR	ESC.BAS. PATRICIO LYNCH Z. E 374	247	MIRAFLORES ALTO
VINA DEL MAR	LICEO TERESA DE LOS ANDES 0	586	MIRAFLORES ALTO
VINA DEL MAR	COLEGIO SAN ANDRES 331	168	NUEVA AURORA
VINA DEL MAR	ESC. BASICA VILLA MONTE F 337	449	NUEVA AURORA
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA DR. ADRIANO MACHADO PARDO E 351	238	NUEVA AURORA
VINA DEL MAR	ESCUELA BASICA E 351 ANEXO E 351	120	NUEVA AURORA
VINA DEL MAR	ESC. PDTE. JOSE M. BALMACEDA E 360	223	RECREO
VINA DEL MAR	COLEGIO COMPANIA DE MARIA 0	171	RECREO
VINA DEL MAR	ESCUELA BAS. TEODORO LOWEY D 346	603	RECREO
VINA DEL MAR	FRIENDLY HIGH SCHOOL 0	229	RECREO
VINA DEL MAR	COLEGIO CLAUDIO ARRAU L. G 344	151	RECREO ALTO
VINA DEL MAR	ESC. BAS. 21 DE MAYO E 282	294	RECREO ALTO
VINA DEL MAR	ESC. BASICA LORD COCHRANE D 371	146	RECREO ALTO
VINA DEL MAR	COLEGIO PARTICULAR SAINT MICHAEL 381	207	POBL. RENACA ALTO
VINA DEL MAR	ALLIANCE FRANCAISE DE VALPARAISO 0	514	RENACA
VINA DEL MAR	COLEGIO ALBAMAR 473	192	RENACA
VINA DEL MAR	COLEGIO SAGRADA FAMILIA 486	291	RENACA
VINA DEL MAR	THE MACKAY SCHOOL 0	642	RENACA
VINA DEL MAR	COLEGIO ENRIQUE CARDENAS R. E 373	439	RENACA ALTO
VINA DEL MAR	COLEGIO MARIA REINA 0	744	RENACA ALTO
VINA DEL MAR	ESC. PDTE. SALVADOR ALLENDE E 364	421	RENACA ALTO
VINA DEL MAR	ESC. BAS. EDO. LEZANA PINCHEIRA F 355	230	RENACA ALTO
VINA DEL MAR	COLEGIO MONTEMAR 0	122	RENACA BAJO
VINA DEL MAR	COLEGIO CAPELLAN PASCAL 0	699	RENACA
VINA DEL MAR	COLEGIO DEL SAGRADO CORAZON-RENACA 0	172	RENACA
VINA DEL MAR	COLEGIO INTERNACIONAL SEK DEL PACIFICO	396	RENACA
VINA DEL MAR	CENTRO EDUCATIVO VINA DEL MAR F 347	125	SANTA INES
VINA DEL MAR	COLEGIO LUTERANO CONCORDIA 0	139	SANTA INES
VINA DEL MAR	COLEGIO RUBEN CASTRO DIURNO 0	637	SANTA INES
VINA DEL MAR	COLLEGE CHRETIEN FRANCAIS LE BEAU JOUR 390	179	SANTA INES
VINA DEL MAR	ESC. BAS. REPUBLICA DE PERU E 321	494	SANTA INES
VINA DEL MAR	LICEO NUESTRA SENORA DE LA PAZ 0	621	SANTA INES
VINA DEL MAR	SAINT BENEDICT COLLEGE 430	221	SANTA INES

Anexo 2: Guía de Autoevaluación técnica

Notas de la guía: Las respuestas pueden ser Si, No, o NC (No Corresponde): Se responde NC a las preguntas que no tienen relación con lo que ocurre en su empresa.

I. Condiciones Sanitarias y Ambientales básicas en los lugares de trabajo D.S N° 594/2000 (MINSAL)

- **Saneamiento Básico**

CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y SANITARIAS	SI	NO	NC
¿La construcción de su empresa, está de acuerdo a lo establecido en el Plan Regulador Comunal y Ordenanza Municipal?			
¿Los pavimentos y/o revestimientos de pisos son sólidos y antideslizantes?			
Si en su empresa utiliza productos corrosivos o tóxicos ¿en el piso existen recubrimientos que sean resistentes a estos productos?			
Si existen en su empresa procesos en húmedo ¿se cuenta con sistemas de drenaje de líquidos?			
Las paredes interiores, cielos y otras estructuras ¿se mantienen en buen estado de higiene y conservación?			
Pasillos y espacio entre maquinaria o equipos ¿se mantienen despejados, con fácil acceso y desplazamiento?			
PROVICIÓN DE AGUA POTABLE			
¿Posee conexión a la red pública?			
Si es de pozo ¿cuenta con aprobaciones del SESMA?			

- **Servicios higiénicos y evacuación de aguas servidas**

CANTIDAD DE ARTEFACTOS SANITARIOS QUE DEBE DISPONER SU ACTIVIDAD			
Nº de personas que laboran por turno	Excusados	Lavatorios	Duchas
1 – 10	1	1	1
11- 20	2	2	2
21 – 30	2	2	3
31 – 40	3	3	4
41 – 50	3	3	5
51 – 70	4	3	7
71 – 80	5	5	8
81 – 90	5	5	9
91 – 100	6	6	10
ARTEFACTOS SANITARIOS	SI	NO	NC
La cantidad de artefactos ¿corresponde a los indicados en la tabla anterior?			
Si su sistema es público ¿existe conexión a la red de alcantarillado?			
Si su sistema es particular ¿está aprobado por el SESMA?			
GUARDARROPIAS Y COMEDORES	SI	NO	NC
Si su actividad requiere cambio de ropa, porque la actividad produce suciedad corporal ¿tiene agua caliente?			
¿Tiene casilleros en igual cantidad al número de sus trabajadores?			
Si los trabajadores realizan colación en sus lugares de trabajo, ¿el comedor cuenta con lavaplatos, cocina y mesas con sillas de superficie lavable?			
Si cuenta con casino donde se elaboran alimentos para los trabajadores, ¿cuenta con autorización del SESMA?			

- **De las condiciones ambientales**

VENTILACIÓN	SI	NO	NC
¿Mantiene su actividad una buena ventilación natural o mecánica en los lugares de trabajo?			
Si en su empresa se producen emisiones nocivas para la salud del trabajador tales como polvos, solventes, acidos, etc. ¿Cuenta con sistema de extracción de dichas emisiones?			
¿Dispone cada trabajador de 10 m ³ de aire como mínimo?			
CONDICIONES DE SEGURIDAD	SI	NO	NC
Las maquinarias, instalaciones, equipos y herramientas, ¿se encuentran bien instaladas, seguras y protegidas en sus partes móviles?			
Las instalaciones eléctricas y de gas ¿cumplen con las normas establecidas por la autoridad competente (SEC)?			
El almacenamiento de materias primas, materiales y productos terminados ¿se hace en forma ordenada y de acuerdo al riesgo de cada producto?			
Si usan grúas horquillas ¿el operador cuenta con licencia clase D?			
PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	SI	NO	NC
¿Cuenta con el tipo de extintores de acuerdo al riesgo?			
¿Ellos están instalados y señalizados?			
¿El personal cuenta con instrucción teórica y practica en el manejo de éstos?			
¿Su empresa cuenta con plan de emergencia en caso de incendio y posee como mínimo dos vías de escape?			
¿Almacena o manipula productos químicos peligrosos?			
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	SI	NO	NC
¿La empresa provee a los trabajadores de los equipos de protección personal adecuados al riesgo, sin costo para el?			
¿Los elementos de protección personal cuentan con sello de garantía de calidad. (Idic, Cesmec, Cal-TEX o Idiem)?			

- **De la contaminación**

CONTAMINANTES QUÍMICOS	SI	NO	NC
¿Su empresa utiliza alguna de las sustancias tóxicas, indicadas en el artículo 61 del D.S 594/00 del Ministerio de Salud?			
¿Posee evaluaciones de contaminante(s) en el ambiente de trabajo?			
¿Utiliza alguna sustancia considerada prohibida, indicada en el art. 65 del D.S 594/00?			
RUIDO OCUPACIONAL	SI	NO	NC
Si necesita alzar la voz para comunicarse en algún sector de su actividad, ¿se ha evaluado el ruido en los puestos de trabajo y el ambiente laboral?			
Si ésta evaluación está sobre lo indicado en el art. 75 del D.S 594/00, ¿ha controlado el riesgo para los trabajadores de adquirir sordera profesional?			
VIBRACIONES	SI	NO	NC
Si percibe vibraciones en el piso y/o murallas en las cercanías de las maquinas o equipos ¿posee evaluaciones de este riesgo?			
Si ésta evaluación está sobre lo indicado en el art. 87, 88 y 92 del D.S 594/00 ¿ha controlado el riesgo para los trabajadores?			
DIGITACIÓN	SI	NO	NC
Si tiene personal digitando ¿descansan 5 minutos por media hora trabajada?			
EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL CALOR	SI	NO	NC
Si en el desarrollo de su actividad cuenta con maquinas o equipos que emitan calor, tales como hornos de fundición. ¿ha evaluado la exposición a que están sometidos sus trabajadores, para comparar con los valores máximos permisibles?			
EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL FRIO	SI	NO	NC
Si están expuestos algunos de sus trabajadores a bajas temperaturas, durante la jornada de trabajo, como por ejemplo frigoríficos, ¿Cumple con los máximos permisibles, establecidos en el D.S 594/00?			

ILUMINACIÓN	SI	NO	NC
¿Existen mediciones de la iluminación genera, en su empresa?			
¿Existen mediciones de la iluminación en los puestos de trabajo (localizada)?			
¿Ha comparado esos valores con los que exige la normativa (D.S 594/00)?			
Si resultaron menores. ¿corrigió el déficit?			
RADIACIONES NO IONIZANTES	SI	NO	NC
Si su empresa cuenta con microondas, láser o radiación ultravioleta y/o infrarroja en sus procesos productivos, continúe con las siguientes preguntas:			
¿Ha evaluado la exposición a que están sometidos sus trabajadores?			
¿Estos valores son menores a los que exige la normativa del D.S 594/00?			
RADIACIONES IONIZANTES	SI	NO	NC
Si su empresa cuenta con fuentes radiactivas o equipos generadores de rayos x, continúe con las siguientes preguntas:			
¿El personal cuenta con licencia de operación de la autoridad competente?			
¿Estos equipos cuentan con la autorización de funcionamiento de la autoridad competente?			

II. Ley 16.744/68: Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales

COMITÉ(S) PARITARIO(S) D.S Nº 54/69	SI	NO	NC
Si su empresa tiene mas de 25 trabajadores en total, continúe con las siguientes preguntas:			
¿El comité paritario funciona normalmente?			
¿Realiza reuniones mensuales, manteniendo un registro de las actas?			

REGLAMENTO INTERNO DE ORDEN, HIGIENE Y SEGURIDAD D.S. Nº 40/69	SI	NO	NC
¿Cuenta su empresa con reglamento interno de seguridad e higiene en el trabajo?			
¿Fue revisado por la inspección del trabajo e ingresado al servicio de salud del ambiente?			

¿Se entregó un ejemplar a cada trabajador?			
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS D.S. N° 40/69 DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS (art. 8) ...“dependencia a cargo de planificar, organizar, asesorar, ejecutar, supervisar y promover acciones permanentes para evitar accidentes del trabajo y enfermedades profesionales”...			
Si su empresa tiene 100 trabajadores o más, continúe con las siguientes preguntas:			
¿Para contratar al experto en su empresa, analizó el D.S. 95/95 del Ministerio del Trabajo (MinTra)?			
¿Lleva un registro de la permanencia del experto en su empresa?			
¿Cuenta el experto con medios y personal necesario para realizar su trabajo?			
¿Existe programa de prevención de riesgos anual con cronograma de actividades?			

III. Otra Normativa

- **Molestias a la comunidad**

OLORES	SI	NO	NC
Si su empresa emite olores molestos hacia la comunidad, ¿están controlados?			
RUIDO AMBIENTAL	SI	NO	NC
¿El nivel de ruido de su empresa o actividad es perceptible desde el exterior del recinto?			
Si el ruido es perceptible desde el exterior ¿ha realizado evaluaciones de ruido ambiental de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 146/97 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia (Minsegpres)?			
¿Está controlado?			

Anexo 3: Cálculo de Costos (Considerando 1 US: \$ 580 1 UF: \$17.330)

COSTO CONSUMO DE AGUA		
	Costo mensual	Costo anual
TOTAL	US 52	US 624
* El costo por consumo de agua incluye: Limpieza de equipos, limpieza general de empresa, riego de áreas verdes, agua disponible para personal y consumo diario.		

COSTOS de ENERGIA ELECTRICA	Costo mensual	Costo anual
TOTAL	US 1034	US 12415

GASTOS DE TELEFONIA E INTERNET	Costo Mensual	Costo Anual
TOTAL	US 78	US 930

ARTICULOS DE SEGURIDAD LABORAL		
Item	Precio x unidad	Costo Anual
Zapatos (5)	US 22	US 110
Protector de oidos (tipo fono)(5)	US 11,2	US 55
Buzos (5)	US 9	US 45
Guantes (5)	US 1,2	US 6
Extintores (3)	US 27,4	US 82,2
TOTAL		US 298,2

MANO DE OBRA	
Operarios (10)	US 3450
TOTAL ANUAL (dolares)	US 41400
* La mano de obra incluye: Sueldo, mas los gastos de AFP y Salud.	

EQUIPO	Costo Año 0
Bascula (1)	US 1034
Extrusor	US 54980
Molino	US 6580
Cinta transportadora por tornillo	US 2210
Cinta transportadora por correa	US 2530
Bomba	US 136
Camión	US 23000
Apilador	US 854
Extractor de aire (2)	US 324
Filtro de aire (2)	US 140
Torre de Enfriamiento	US 2080
TOTAL	US 93868

EDIFICACION	
Galpón	US 12140
Terreno	US 29310
TOTAL	US 41450

COSTOS DE TRANSPORTE	Costo Mensual	Costo Anual
Bencina	US 259	US 3108
Patente		US 344
Mantención	US 86	US 1032
TOTAL		US 4484

COSTOS DE ADMINISTRACION	Costo Mensual	Costo Anual
Contabilidad	US 69	US 828
Gerente	US 1552	US 18624
Secretaria	US 518	US 6216
TOTAL(dolares)	US 2,140	\$25,660

ARTICULOS DE ESCRITORIO	Costo año 0	Gasto Anual
Computador (1) + Impresora (1)	\$500,000	
Silla (3)	\$60,000	
Lápiz (4)*	\$1,200	\$4800
Cuaderno (2)*	\$1,000	\$4000
Carpetas (2)*	\$2,000	\$6000
Scotch (1)*	\$300	\$4000
Resma (2)*	\$1,500	\$3000
Tacho de basura (1)	\$1,000	
Escritorio (1)	\$40,000	
Caja fuerte (1)	\$20,000	
Armario (1)	\$10,000	
Teléfono con fax (1)	\$115,000	
Tinta impresora (1)*	\$5,000	\$5,000
Disquettes (5)*	\$1,000	\$1,000
CD's (5)*	\$1,500	\$1,500
TOTAL	\$705,900	\$29,300
TOTAL ANUAL (dolares)	US 1,220	US 50

ARTICULOS DE ASEO Y COCINA	Costo Año 0	Costo Anual
Escoba (1)	\$1,500	\$3,000
Pala (1)	\$600	\$1,200
Lava lozas (1)*	\$1,000	\$6,000
Bolsa de basura (1)*	\$220	\$5,820
Cloro (1)*	\$200	\$2,400
Jabón (2)*	\$500	\$6,000
Toalla (2)	\$3,000	\$3,000
Esponja (1)*	\$200	\$800
Tacho basura (1)	\$1,000	\$1,000
Mesa (1)	\$10,000	
Silla (6)	\$18,000	
Refrigerador	\$100,000	
Microondas	\$40,000	
TOTAL (pesos)	\$175,800	\$26,220
TOTAL (dólares)	US 303	US 45

COSTOS DE CAPACITACIÓN EN CAMPAÑAS DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS.		
	Costo Anual	
Material Didáctico	\$700	
Afiches	\$1,300	
Material Electrónico	\$ 250	
3 Contenedores	\$3,000	
TOTAL	\$ 5.250	US9
TOTAL de establecimientos * 151	\$ 729.750	US 1366

COSTOS MATERIA PRIMA	Costo mensual	Costo Anual (8 m)
Para 83 ton colegios	\$4,150,000	\$33,200,000
27,6 ton grandes tiendas	\$1,380,000	\$16,560,000 (12 meses)
TOTAL	US 9534	US 85793

COSTOS DE ENVASES	Costo Mensual	Costo Anual
Envases (sacos de 25 k) (4240)	\$50 c/u	
TOTAL (pesos)	\$ 212.000	\$ 2.544.000
TOTAL (dólares)	US 366	US 4386

COSTOS DE DISPOSICION	Costo Mensual	Costo Anual
Disposición de Residuos	3,5 UF 60665	
TOTAL	US 104	US 1248

COSTOS DE MANTENCIÓN	Costo mensual	Costo anual
	US 260	US 3,120

INGRESOS OPERACIONALES	Mensual	Anual
Para 83 ton (300)	\$25,200,000	\$302,400,000
Para 22.7 ton (110)	\$2,497,000	\$29,964,000
TOTAL	\$27,697,000	\$332,360,000
TOTAL (dólares)	US 47,754	US 573048

Anexo 4: Detalles Flujo de caja (en Dólares)

EGRESOS ESCENARIO REALISTA										
Período	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Materia Prima	85793	90083	94587	99316	104282	109496	114971	120719	126755	133093
Transporte	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484
Envasado	4386	4605	4836	5077	5331	5598	5878	6172	6480	6804
Disposición de residuos	1248	1310	1376	1445	1517	1593	1672	1756	1844	1936
Costos Operacionales	95911	100482	105282	110322	115614	121171	127005	133131	139563	146317
Recursos Básicos (agua, luz, teléfono)	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969
Gastos de Mantención	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
Campaña de reciclaje	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562
Mano de Obra	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400
Artículo seguridad Laboral	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298
Administración	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660
Artículos de Escritorio	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Artículos de aseo y cocina	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Costos fijos	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104
Egresos totales	182015	186586	191386	196426	201718	207275	213109	219235	225667	232421

EGRESOS ESCENARIO OPTIMISTA										
Período	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Materia Prima	118552	124480	130704	137239	144101	151306	158871	166815	175155	183913
Transporte	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484	4484
Envasado	5681	5965	6263	6576	6905	7251	7613	7994	8393	8813
Disposición de residuos	1248	1310	1376	1445	1517	1593	1672	1756	1844	1936
Costos Operacionales	129965	136239	142827	149744	157007	164633	172641	181048	189877	199146
Recursos Básicos (agua, luz, teléfono)	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969	13969
Gastos de Mantención	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
Campaña de reciclaje	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562	1562
Mano de Obra	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400
Artículo seguridad Laboral	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298
Administración	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660	25660
Artículos de Escritorio	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Artículos de aseo y cocina	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Costos fijos	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104	86104
Egresos totales	216069	222343	228931	235848	243111	250737	258745	267152	275981	285250

DEPRECIACIÓN											
	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Bascula (1)</i>		115	115	115	115	115	115	115	115	115	0
<i>Extrusor</i>		3665	3665	3665	3665	3665	3665	3665	3665	3665	3665
<i>Molino</i>		439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
<i>Cinta transportadora por tornillo</i>		147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
<i>Cinta transportadora por correa</i>		169	169	169	169	169	169	169	169	169	169
<i>Bomba</i>		23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
<i>Camión</i>		3286	3286	3286	3286	3286	3286	3286	3286	3286	3286
<i>Apilador</i>		122	122	122	122	122	122	122	0	0	0
<i>Extractor de aire (2)</i>		108	108	108	0	0	0	0	0	0	0
<i>Filtro de aire (2)</i>		140	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Torre de Enfriamiento</i>		208	208	208	208	208	208	208	208	208	208
<i>Galpón</i>		607	607	607	607	607	607	607	607	607	607
TOTAL		9028	8888	8888	8780	8780	8780	8780	8658	8658	8543

INVERSION	
<i>Terreno</i>	29310
<i>Edificación</i>	12140
<i>Maquinaria</i>	93868
<i>Inmobiliario</i>	1523
<i>Camión</i>	23000
Total	159841

Resumen

En este trabajo se propone la instalación de una planta de reciclaje de plásticos, específicamente de polietileno tipo film, de alta y baja densidad; como una alternativa de manejo de residuos, en las localidades de Viña del Mar y Valparaíso.

Se evaluó si existe un interés en el producto a elaborar, a través, de un estudio de mercado. Luego, con los datos obtenidos, se procedió a determinar las posibles fuentes de materia prima, que permitirán suplir la demanda existente.

Debido a que se trabajará principalmente con materias primas provenientes de campañas de reciclaje a nivel escolar, se realizó una campaña piloto de reciclaje en un establecimiento de Viña del Mar; con el fin de obtener datos reales, para su posterior escalamiento. Además, se analizó la existencia de fuentes alternativas de materias primas, como tiendas comerciales y empresas procesadoras de polietileno de la zona, de tal manera, que si existe una baja en las recaudaciones de materia prima proveniente de las campañas de reciclaje, aún así sea posible cumplir con la demanda del mercado.

Se determinó la viabilidad técnica del proyecto, a través de un estudio técnico, que incluye el tamaño de la planta de reciclaje; la ubicación; selección y síntesis del proceso; balance de masa; balance de energía y selección de equipos; organización; y requerimiento de superficie.

Se realizó un estudio económico, utilizando como indicadores de rentabilidad los índices VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno) y además se incorporó de forma activa la dimensión ambiental en el proyecto, considerando la normativa vigente.

Finalmente se determina que el proyecto es rentable, con un índice VAN de 1.287.277 y TIR de 131%; y que genera un impacto positivo al disminuir los RSU que van a dar a los sitios de disposición de la zona, desviando un total de 83 ton/mes de residuos plásticos, disminuyendo en un 16% la cantidad de polietileno que va a dar al vertedero El Molle.

Indice

I.	Introducción	1
II.	Objetivos	3
III.	Aspectos Generales	4
3.1	Residuos Sólidos Urbanos	4
3.1.1	Residuos Sólidos Urbanos en Chile	6
3.1.2	Residuos Sólidos Urbanos en la Quinta Región	8
3.1.3	Generación de Residuos Sólidos Urbanos por Nivel Socioeconómico	12
3.2	Antecedentes Generales del Plástico	14
3.2.1	Situación a Nivel Internacional	14
3.2.2	Situación a Nivel Nacional	17
3.2.3	Principales Propiedades y Utilización de los Plásticos	20
3.3	Reciclaje	30
3.4	Reciclaje de Plástico	32
3.4.1	Situación a Nivel Internacional de Reciclaje de Plásticos	39
3.4.2	Situación a Nivel Nacional de Reciclaje de Plásticos	41
3.5	Educación Ambiental	42
3.5.1	Educación Ambiental en Chile	43
3.6	Marco Legal Ambiental	44
3.6.1	Requisitos que Debe Cumplir la Actividad	44
3.6.2	Normas Ambientales Aplicables a la Industria	46
IV.	Metodología	49
V.	Estudio de Mercado	51
VI.	Campaña Piloto de Reciclaje de Plásticos	54
VII.	Fuentes Alternativas de Materia Prima	62
VIII.	Factibilidad Técnica	64
8.1	Tamaño del Proyecto	64
8.2	Ubicación de la Planta de Reciclaje	66
8.3	Selección y Síntesis de Procesos	71
8.3.1	Selección del Proceso	71
8.3.2	Síntesis del Proceso	72

8.4	Balance de Masa	75
8.5	Balance de Energía	78
8.6	Selección de Equipos	85
8.7	Organización de la Planta	87
	8.7.1 División del Proceso Productivo	87
	8.7.2 Organigrama	87
	8.7.3 Jornada Laboral	88
	8.7.4 Determinación del Número de Operarios	88
8.8	Requerimiento de Superficie	90
IX.	Dimensión Ambiental del Proyecto	92
X.	Viabilidad Económica	97
10.1	Flujo de Caja	98
10.2	Cálculo del VAN	99
10.3	Cálculo de TIR	100
XI.	Impactos Positivos del Proyecto	105
XII.	Conclusiones	106
XIII.	Recomendaciones y observaciones	107
XIV.	Bibliografía	108
XV.	Anexos	112
	Anexo 1: Selección de Establecimientos Educativos en las Ciudades de Viña del Mar y Valparaíso	112
	Anexo 2: Guía de Autoevaluación Técnica	116
	Anexo 3: Cálculo de Costos	122
	Anexo 4: Detalles Flujo de Caja	126

Índice de Figuras

Figura 1: Plano de distribución de los sitios de disposición final de la V Región	10
Figura 2: Generación de RSU por estrato socioeconómico en la Ciudad de Viña del Mar	13
Figura 3: Consumo de plásticos en Europa por sector	15
Figura 4: Perfil del sector plásticos año 2002	17
Figura 5: Representación de fuerzas entre cadenas de un cristalino de polietileno	23
Figura 6: Charla de Presentación.	55
Figura 7: Entrega de premios	56
Figura 8: Recolección de plásticos en Colegio Luterano Concordia durante Campaña Piloto de Reciclaje.	56
Figura 9: Aporte per cápita semanal en campaña piloto de reciclaje	57
Figura 10: Diagrama de bloques del proceso	73
Figura 11: Diagrama de flujo del proceso	73
Figura 12 a: Diagrama de balance de masa en condiciones normales (8 meses al año)	74
Figura 12 b: Diagrama de balance de masa en condiciones anormales (4 meses al año)	74
Figura 13: Plano de la Planta de Reciclaje	

Índice de Tablas

Tabla 1: Producción de Residuos Sólidos Urbanos en Chile	6
Tabla 2: Composición de Residuos Sólidos Urbanos en Diferentes Ciudades de Chile (% en peso base húmeda)	7
Tabla 3: Composición de residuos en la V Región (% en peso en base húmeda)	8
Tabla 4: Sitio de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos en la V Región	9
Tabla 5: Situación Actualizada al año 2004 de Vertedero El Molle.	10
Tabla 6: Generación de RSU (en %) por estrato socioeconómico en la Ciudad de Viña del Mar	12
Tabla 7: Principales materias primas procesadas por la industria plástica nacional e importada, en el año 2003	19
Tabla 8: Principales envases comercializados en Chile	19
Tabla 9: Tipos de uniones intermoleculares en polímeros	21
Tabla 10: Aditivos plásticos típicos.	24
Tabla 11: Clasificaciones, códigos de identificación y usos para plásticos comunes	26
Tabla 12: Poder calorífico de algunos plásticos y otros productos	37
Tabla 13: Gestión de los residuos plásticos totales en Europa Occidental 2001(x 1.000 toneladas)	38
Tabla 14: Encuesta a empresas procesadoras de polietileno de la provincia	51
Tabla 15: Aporte semanal de plástico	57
Tabla 16: Recorrido del Camión Recolector	60
Tabla 17: Alternativas de ubicación y sus características	66
Tabla 18: Selección de equipos y sus características	85
Tabla 19: Flujo de caja para una producción con capacidad media de la maquinaria (250 Kg/h)	101
Tabla 20: Flujo de caja para una producción con capacidad máxima de la maquinaria (300 Kg/h)	102

Agradecimientos.

Quisiera agradecer a todos los que contribuyeron en la realización de este trabajo que me llena de orgullo, ya que, plasma todos mis deseos de querer hacer de este mundo algo mejor y de inculcar en las futuras generaciones el respeto por nuestro entorno.

Agradezco, de forma especial, a mi familia, pololo y amigos; por el apoyo, confianza y paciencia; que ha influido de forma importante en mi desarrollo como persona y como profesional.

Muchas gracias.

Denisse Villavicencio.

Quisiera agradecer a mi familia y los profesores que estuvieron durante mi formación profesional. Además doy especial agradecimiento a las circunstancias que hicieron posible estar 5 años (con algunos más tiempo) junto a mis queridos compañeros de curso de la Universidad. Definitivamente fue un regalo divino poder haber compartido tantos acontecimientos junto a ellos, y que sin duda llenaron mi memoria de bellos recuerdos.

Por otro lado quisiera agradecer a algunos buenos amigos, que de una forma u otra ayudaron en la realización de esta tesis: Claudia R, Hernán H, Rodolfo L, Patrick VK, Camilo M, Erwin M.

Gracias,

Magdalena Zeiss Valderrama