

# **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO**

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Industrial

## **Estudio Técnico, Económico y Ambiental Para una Planta de Recuperación de Residuos Sólidos Urbanos**

Tesis Para Optar al Título de Ingeniero Civil Industrial

Por :

Felipe Núñez Ayala - Rodolfo Reygada Velásquez

Profesor Guía: Julio Canales Fernández

**Abril, 2004**

### **Agradecimientos:**

*A nuestros padres, Eliana y Luis, Deysi y Rodolfo, y a nuestras familias;*

*al profesor Julio Canales, al profesor Marcel Szantó,*

*al profesor Ignacio Beláustegui y al profesor José Ceroni;*

*a Cristian Salazar (COSEMAR S.A.),*

*a Patricio Siggelkow (SIGMA Consult Ltda.),*

*a Jaime Arenas (Sección de Aseo Municipalidad de Viña del Mar) y*

*a Domingo Massardo (Sección de Aseo Municipalidad de Ñuñoa);*

*a nuestras pololas, amigos y al memo.*

"La evolución ha acabado por colocarnos al timón de la nave Tierra.

En nuestra mano está asumir nuestro papel de guardianes lúcidos

de la biosfera, o abdicar de nuestra tarea y asistir como testigos

borrachos al desastre que nosotros mismos estamos provocando".

*Jesús Mosterín, 1995.*

## Glosario

*Anaerobio:* Concepto bioquímico referido a procesos que no están en contacto con el aire.

*Boy Scout:* Organización internacional de niños exploradores

*Calefont:* Aparato domiciliario a gas que sirve para calentar el agua utilizada en los hogares

*Caños:* Cañerías para líquidos

*Compostaje(Compost, Humus):* Proceso de descomposición biológica por vía aerobia o anaerobia de la materia orgánica contenida en los residuos.

*Ex situ:* Fuera del lugar

*Glasphalt:* Polvo arenoso hecho con vidrio molido

*Holding:* Grupo de empresas

*In situ:* En el mismo lugar

*Incineración:* Proceso de combustión controlada que transforma la fracción orgánica de los residuos en cenizas y gases

*Leasing:* Tipo de instrumento de financiamiento

*Mall:* Centro comercial

*Materia inorgánica:* Materia producto de procesos fisicoquímicos sin capacidad de degradación natural o de descomposición bioquímica.

*Materia orgánica:* Materia natural degradable y con capacidad para descomponerse bioquímicamente.

*Ordenanza Municipal:* Ley que rige el funcionamiento de las municipalidades del país

*Pallets:* Unidad de almacenamiento y transporte de material organizado para contener productos o materias primas

*Pellets:* Material triturado de pequeño volumen

*Peoneta:* Persona encargada de colaborar en algún proceso o actividad (ayudante)

*Relleno sanitario:* Colocación de residuos sobre un terreno extendiéndolos en capas de poco espesor y compactándolos para reducir su volumen

*Romana:* Equipo utilizado para medir el peso de un determinado elemento

*Sachets:* Tipo de envase plástico

*Stand:* Puesto o tienda

## Lista de Abreviaturas y Siglas

App = Aproximadamente, aproximado.

CAUE = Costo Anual Uniforme Equivalente

CENFA = Centro de la Familia

COANIQUEM = Corporación de Ayuda al Niño Quemado

CODEFF = Corporación de Defensa de la Flora y Fauna

CONAMA = Comisión Nacional de Medio Ambiente

COREMA = Comisión Regional de Medio Ambiente

CMPC = Compañía Manufacturera de Papel y Cartón

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno

etc. = Etcétera

FOB = Valor en lugar de origen

FODA = Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

hrs. = Horas

Humus = Compostaje

HP = Unidad de potencia (Horse Power)

IVAN = Valor Actual Neto dividido por la inversión (índice de rentabilidad)

Ju = Jueves

Kg. = Kilogramo

Km.= Kilómetros

Kw = Kilowatt

lb = Libra (unidad de medida)

Lu = Lunes

Lt = Litro

Ma = Martes

Mi = Miércoles

m<sup>3</sup> = Metros cúbicos

mg = Miligramo

mt = Metros

Nº = Número

PEAD = Polietileno alta densidad

PEBD = Polietileno baja densidad

PET = Polietileno Tereftalato

PP = Polipropileno

PRK = Período de Recuperación del Capital

Prod. = Producto

PS = Poliestireno

PUCV = Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

PVC = Polietileno de cloruro de vinilo

Recept. = Receptáculo

RILES = Residuos industriales líquidos

RM = Región Metropolitana

rpm = Revoluciones por minuto

RSD = Residuos Sólidos Domiciliarios

RSU = Residuos Sólidos Urbanos

S.A. = Sociedad Anónima

SEIA = Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

SII = Servicio de Impuestos Internos

TIR = Tasa Interna de Retorno

Ton = Tonelada

UTM = Unidad Tributaria Mensual

VAN = Valor Presente Neto

Vi = Viernes

IREA = Ruta número 1 del sector de Recreo Alto

## Resumen

La actual problemática que vive el mundo, y en especial los países subdesarrollados, con respecto a la creciente generación de desechos domésticos producto de cambios en los materiales que se utilizan y el aumento de la población que vive en ciudades se hace cada día mayor debido a la capacidad finita de acumulación de los lugares destinados para depositar dichos residuos, es decir, los vertederos o rellenos sanitarios y la mayor distancia de estos respecto a los centros urbanos.

Si bien el concepto de las tres R que se utiliza en países desarrollados, el cual señala que primero se debe reducir la cantidad de desechos y, si no es suficiente, reutilizar o reciclar la basura producida, propone medidas que permiten manejar de mejor forma el problema de los RSU, estos conceptos están muy ligados con la cultura de la gente, los mercados para materiales reciclados y el compromiso de las empresas, por lo que su aplicación no es similar en países desarrollados y subdesarrollados. Sin embargo, el reciclaje es una opción que puede ser usada en un país en vías de desarrollo como primera medida para mitigar las consecuencias contaminantes y de aumento de costos por traslado y disposición final de los desechos originados en las urbes. Pero antes que los materiales sean incluidos nuevamente como materia prima o se reprocesen, es necesario recuperarlos desde los residuos sólidos urbanos. Una de las formas que resulta de mayor aplicabilidad en la realidad local de Viña del Mar es la de recuperar desechos reciclables que se encuentren agrupados en residuos orgánicos y residuos inorgánicos en una planta de transferencia.

Antes del trasvasije de basura desde camiones de baja capacidad a otros de mayor capacidad es posible seleccionar los materiales que posean un mercado de reciclaje de destino disminuyendo de esta manera la cantidad de material que va a parar a los vertederos o rellenos sanitarios.

Pero la tarea no termina allí, para lograr incentivar la construcción y desarrollo de este tipo de plantas pioneras en el país, la recuperación debe ser conveniente para un inversionista o para el Estado. Dentro de este marco se analiza conceptos relacionados a los impactos económicos, técnicos y ambientales que nos muestran que una planta de este tipo es posible de implementar en Viña del Mar, es rentable económicamente y posee una balanza inclinada favorablemente hacia puntos medioambientales positivos.

**Palabras Claves:** Evaluación de Proyectos; Planta de Transferencia; Residuos Sólidos Urbanos; Reciclaje.

## **Parte 1 Definiciones y Estudio de Mercado**



# 1 Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías los últimos siglos ha creado nuevas condiciones de convivencia entre el hombre y el planeta. Estos avances en materia científica logran múltiples beneficios para el ser humano los cuales facilitan sus tareas y actividades con diversos fines. Esto es, sin duda, un gran avance para nuestra civilización que ha generado mejores condiciones de vida para la población en general y mejor aprovechamiento del tiempo de realización de los distintos trabajos que se realizan alrededor del mundo.

En este sentido la creación de nuevos materiales y productos, y en general, en toda la actividad industrial y de servicios, sólo se ha centrado en mejorar las condiciones del ser humano dejando de lado las incidencias que tienen para el planeta todas las actividades que utilicen sus recursos. Es recurrente encontrar en los noticieros desastres ecológicos, vertederos sin control, extinción de animales y vegetales, contaminación de aguas, mala calidad del aire y otros hechos que desde hace un tiempo están ocurriendo y que no son de nada beneficiosos para el ciclo natural del planeta y, peor aún, para los seres vivos que en él habitamos.

La realidad de nuestro país no es ajena a estos eventos, de hecho, se puede afirmar con toda seguridad que nuestra capital cuenta con uno de los peores índices de calidad del aire en el mundo. Otro ejemplo son las constantes acusaciones de que la fauna nativa de nuestro país está en peligro de extinción. Quizás, estos pueden ser mínimos en comparación a los desastres nucleares o químicos ocurridos en otros continentes, pero no por ello se deben dejar sin atención.

Si tomamos en cuenta que el manejo de la basura y residuos industriales se vacían casi sin control o sin ningún tipo de tratamiento en ríos y lugares no apropiados donde existen viviendas en las cercanías y población de niños que dentro de su inocencia desconocen los reales peligros de estos residuos, debiéramos preocuparnos y tomar atención a estos hechos para buscar soluciones. Comúnmente la eliminación de los residuos producidos de las actividades humanas siguen un curso de eliminación hacia arriba, al aire, o hacia abajo, al suelo, no existiendo un curso de eliminación horizontal que se enfoque a la reducción o reutilización.

Sin embargo, en los últimos años ha crecido la preocupación por la sanidad del ambiente y se están desarrollando nuevas técnicas y tecnologías destinadas a disminuir el daño a las personas y al planeta. La reducción de basura y contaminación, la reutilización de elementos y el reciclaje de materiales son conceptos fundamentales al momento de pensar en soluciones para este problema. Y, aunque es probable que esos términos tengan muy poca prioridad en países en vías de desarrollo, no significa que no deban atenderse y preferir evitar su conocimiento antes que repararlo.

Por otro lado, dentro del carácter globalizado existente hoy en día, las exigencias de países que comercializan o compiten con Chile cada vez tienen mayor grado de preocupación por el cuidado ambiental que poseen las industrias y procesos productivos de los productos que generan nuestras empresas tanto para el mercado interno como para el internacional.

Dentro de este contexto, la separación de los residuos sólidos urbanos para destinarlos a procesos donde se puedan obtener materiales que sean susceptibles de ser reciclados, no es una realidad inalcanzable para nuestro país, es más, ya existen algunas incursiones en este ámbito y existe la capacidad técnica para afrontar estudios que generen soluciones en este sentido, tal es el caso de organizaciones sin fin de lucro que disponen contenedores en las

ciudades para recoger vidrios y cartones que llevan más de dos años operando y el número de dichos receptáculos crece. Entonces la tarea ya no es preocuparse de lo que está pasando, sino que preocuparse de buscar soluciones a ello y comenzar a trabajar antes de que sea demasiado tarde.

Uno de los aspectos donde es posible obtener resultados positivos es en el área de la basura urbana. Por ello, y si tomamos en cuenta que ya existen plantas donde se separan residuos en otros países y su resultado es beneficioso, un estudio técnico, económico y ambiental para implementar una planta de transferencia de residuos que realice una tarea de recuperación de materiales para ser reciclados en nuestra región, específicamente para operar en la comuna de Viña del Mar, es una buena aproximación a una solución medio ambiental que mejore las condiciones de vida de las personas, del planeta y la mejor utilización de recursos naturales dando un paso hacia el desarrollo del país.

Si bien la comuna de Viña del Mar posee uno de los sistemas de recolección de residuos sólidos urbanos más modernos y eficientes del país, el problema radica en que los lugares donde se deben depositar la basura recogida en la ciudad cada vez se encuentran más lejanos, lo que se traduce en que los camiones deben recorrer más kilómetros con los costos y tiempo extra que esto significa. En este sentido una estación que traspase dichos residuos a camiones con mayor capacidad y, a la vez, disminuya la cantidad de ellos que van a la disposición final a través de la recuperación de materiales para ser reciclados resulta ser una idea atractiva que debe ser analizada.

## 2 Descripción del Proyecto

### 2.1 Problemática de los RSU

Los problemas de la evacuación de residuos han existido desde los tiempos en que los seres humanos comenzaron a vivir agrupados en aldeas, tribus y comunidades donde la acumulación de residuos comenzó a ser una consecuencia de la vida. Por ejemplo, como cita el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social en una de sus publicaciones “La falta de conciencia y planes para la gestión de los residuos sólidos hizo que surgieran enfermedades y plagas que costaron la vida de muchas personas y el deterioro gradual del medio ambiente, la flora y fauna. Tal es el caso de la denominada “muerte negra”, que mató a la mitad de los europeos en el siglo XIV, causando epidemias y pestes con altos índices de mortalidad” [ILPES98].

La relación entre la salud pública y el almacenamiento, recolección y evacuación inapropiada de residuos sólidos, es clara. Las autoridades de salud han demostrado que las ratas, moscas y otros insectos transmisores de enfermedades proliferan en vertederos incontrolados y sobrepasados en su capacidad. Existen estudios que revelan “...más de 22 enfermedades humanas relacionadas a la mala gestión de los residuos” [ILPES98].

A través de los años, el medio ambiente (agua, suelo, aire) ha sido recipiente de todos los productos de desechos resultantes de las actividades humanas. Mientras estos desechos fueron depositados en el medio ambiente en pequeñas cantidades y en forma dispersa, el medio receptor fue capaz de asimilarlos sin sufrir daños o cambios irreversibles, mientras tuvo la capacidad y el tiempo suficiente para inactivarlos, absorberlos, dispersarlos o estabilizarlos. Como consecuencia, el daño causado resultó

relativamente limitado y, en general, los recursos afectados fueron capaces de recobrar la mayoría de sus características originales.

Sin embargo, en la actualidad la población rural ha venido emigrando a los centros urbanos, lo que en conjunto al crecimiento acelerado de la población, la mayor actividad industrial y el intercambio comercial, ha creado una sobreproducción de residuos en áreas geográficas reducidas, tanto debido a la cantidad como en la forma en que son depositados en el medio ambiente de las áreas urbanas. Esto trae como consecuencia daños sociales y económicos que llegan a tener tal magnitud, que actualmente son considerados como problemas de primer orden que requieren de atención y medidas inmediatas para su control y solución a corto, mediano y largo plazo.

Es así como en las grandes ciudades, como es el caso de Viña del Mar, los problemas relativos a la contaminación y deterioro generalizado del medio ambiente son considerados, tanto o más apremiantes que los del aprovisionamiento del agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, transporte y vías de comunicación siendo una fuente de riesgo vital para los habitantes de la urbe.

El vertido, como simple acumulación o abandono de los residuos en espacios destinados para tal efecto, ha sido y es la forma más utilizada para apartar las basuras de los núcleos urbanos. Sin embargo, los vertederos generalmente poseen un espacio limitado de vertido lo que se traduce en la apertura de nuevos recintos para depositar los residuos. Además muchas veces estos lugares poseen un inadecuado control sobre la forma y la cantidad de desechos que se vierten en él.

Uno de los posibles efectos del vertido no controlado de residuos es la contaminación de aguas subterráneas con líquidos lixiviados producidos en el vertedero. Esta puede ocasionarse porque los propios líquidos de la masa vertida alcancen a las aguas

subterráneas o por la percolación producida por las aguas superficiales (generalmente de lluvias) que al atravesar el vertido toman contacto con las aguas subterráneas. Estos líquidos deben ser tratados según normas, definidas por un organismo competente en cada país, antes vaciarlos a la biosfera. No obstante, en la actualidad los vertederos están siendo reemplazados por Rellenos Sanitarios los cuales controlan estos factores y tratan dichos líquidos. La tabla 2.1 muestra la composición de los líquidos lixiviados provenientes de rellenos sanitarios y vertederos.

**Tabla 2.1** – Composición de líquidos lixiviados de vertederos.

Constituyente	Valor típico (mg/l <sup>t</sup> )
Demanda bioquímica de oxígeno	10000
Carbono orgánico total	6000
Demanda química de oxígeno	18000
Total de sólidos en suspensión	500
Nitrógeno orgánico	200
Nitrógeno amoniacal	200
Nitrato	25
Fósforo total	30
Alcalinos	3000
pH <sup>1</sup>	6
Durezas	3500

---

<sup>1</sup> El ph no tiene unidades, por lo tanto no se considera su valor en mg/l<sup>t</sup>.

Calcio	1000
Magnesio	250
Potasio	300
Sodio	500
Cloro	500
Sulfatos	300
Hierro total	60

Fuente: [Tchobanoglous94]

La tabla anterior es solo un ejemplo de los distintos componentes que usualmente están presentes en la basura y que, muchas veces, no es de conocimiento de los habitantes, por lo que no existe una mayor preocupación por lo anterior.

Desde el punto de vista estético cabe tener en cuenta la observación de un comité de expertos de la OMS: *“La Riqueza material no basta para asegurar un bienestar mental y social del hombre. Le hace falta también un medio físico donde pueda llevar una vida agradable y tranquila. Los detritus de que están alfombradas las ciudades y los campos, constituyen uno de los más flagrantes atentados a la belleza del ambiente”*. [ILPES98]

En síntesis, los principales problemas medioambientales de los RSU son:

<p>La proliferación de agentes portadores de enfermedades (roedores, insectos, etc.)</p> <p>Emanación de olores producto de la descomposición orgánica.</p> <p>Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.</p>
---

Deterioro estético del paisaje.

Por otro lado, varios estudios a nivel mundial muestran que existe una relación positiva entre el ingreso disponible de las personas y la generación de RSU. Esto refleja el impacto de los efectos del ingreso sobre el consumo, sobre la distribución de consumo entre bienes y servicios, y sobre la demanda por calidad ambiental.

Los hogares de altos ingresos probablemente difieren en la predisposición sobre calidad ambiental que los hogares de bajos ingresos y están dispuestos a pagar más por ello. Esto se puede observar en la cantidad de desechos producidos en las actividades hogareñas. Los salarios más altos se asocian normalmente con una valorización mayor del tiempo y, por lo tanto, con compras mayores de alimentos preparados que generan más desechos de empaque y menos derroche de residuos orgánicos, menos uso de carbón o madera y mayor utilización de energía eléctrica para calentar y cocinar.

Un estudio de opinión pública realizado en nuestro país, encargado por CONAMA al Centro de Estudios para el Desarrollo en 2001, señaló que más del 50% de la ciudadanía responde estar dispuesta a separar sus residuos y el 90% identifica al reciclaje como la solución al problema de RSU. Sin embargo, esas mismas personas no ven que la adopción de medidas de reciclaje tenga algún futuro, porque el sistema no está preparado para tomar en cuenta iniciativas en este sentido, a nivel comunitario, en el país.

Otras conclusiones del estudio fueron las siguientes:

Las personas no están dispuestas a pagar más por disminuir los RSU.

Las personas, en su mayoría, creen saber la dificultad del reciclaje de los componentes de los residuos.

Las personas, en su gran mayoría, no realizan actividades mínimas para reciclar o recuperar los residuos.



En efecto, un 72,3% de los entrevistados indica que no limpia los envases y un 77,9% que no deposita en forma separada para retiro. No existe un ideal para enfrentar el manejo de los RSU. Las soluciones dependen de cómo sea cada lugar: cómo son los residuos, la cultura, el clima, que exista mercado de materiales recuperados, infraestructura, cantidad de población, tipos de vivienda y aceptación de la gente.

La idea, entonces, es hacer un sistema con estos elementos y que se trate los residuos de la manera más económica y eficaz para el medio ambiente.

Lo anterior no es ajeno a la realidad del país y tampoco a la de Viña del Mar. Si bien, últimamente ha existido una preocupación creciente por la disposición final de los RSU no se han dado los pasos correctos en pos de soluciones concretas para el largo plazo. Esto puede deberse a que solo se ha tenido una visión tradicional y primitiva de la basura, es decir, la basura es algo que ya no sirve y hay que deshacerse de ella. Con este pensamiento ocurre que todos los residuos que se generan en la ciudad deben ser llevados, sin tratamiento alguno a los vertederos disponibles, lugares donde sólo se entierran o se incineran, aumentando la polución de la tierra, la contaminación del aire, el malgasto de materias primas y se crean, además, ambientes insalubres. Este problema no es de corto plazo porque cada uno de los vertederos tiene una capacidad y vida útil determinada, por lo que se debe abrir periódicamente otro, con las consecuencias dañinas señaladas anteriormente. Si bien el reciclaje no es la panacea para este problema, sí logra disminuir considerablemente los niveles de desperdicios que entran a los vertederos. Por lo tanto, el problema es reducir los niveles de basura en los vertederos y de contaminación general.

Los habitantes de la comuna poco a poco van dándose cuenta de la importancia del cuidado del medio ambiente y cada vez más toman conciencia de programas y formas de reciclar sus residuos, de modo de ayudar a disminuir los niveles de basura generados y el

mal uso de las materias primas y recursos naturales. La Ilustre Municipalidad de Viña del Mar sólo tiene en estos momentos un programa de reciclaje en escuelas y universidades el cual no es de gran alcance y además, está orientado a la educación ambiental. Por su parte el sector privado, con la excepción de algunas organizaciones sociales y grupos de cartoneros y cachureros, no se interesan en esta materia, siendo solo un muy bajo porcentaje de materiales que se recuperan dentro de la comuna. Aunque el origen del problema es de carácter social, existe un mercado comprador de plásticos, cartones, papeles, aluminio y vidrio que hace que surjan las condiciones económicas para crear un negocio basado en la recuperación de residuos lo que eventualmente agrega valor a éstos.

Si bien países desarrollados ya tomaron conciencia de la importancia del reciclaje y de tener un desarrollo sustentable con el medio ambiente, nosotros por ser un país en desarrollo no debemos esperar a estar mejor en los niveles de crecimiento para tomar cartas en el asunto de los RSU y el medio ambiente con seriedad. Los empresarios no han visto a los residuos con una visión de negocio adecuada, es decir, puede que tomar los residuos sólidos urbanos y llevarlos al vertedero genere utilidades para una empresa, pero también extraerla, separarla y derivar los materiales comercializables hacia el mercado de materias primas (recuperación) y depositar el resto inservible en el vertedero sea una fuente de utilidad, además de tener otros beneficios intangibles como una buena relación con el medio ambiente y mejor salubridad, entre otros.

Por otro lado, la creciente distancia a los recintos donde deben ser dispuestos los desechos urbanos hace que los costos de transporte de los mismos también aumenten, lo que se traduce en el aumento de las tarifas de retiro de residuos a los habitantes de la comuna. Si bien, actualmente se encuentra en estudio la construcción de una planta que trasvasije los residuos sólidos urbanos de camiones de bajo tonelaje a camiones de mayor tonelaje para disminuir el costo planteado anteriormente, no se ha considerado que dicha

instalación realice la actividad de separación de los residuos que pueden ser reutilizados de los que no lo son.

Por tanto, el problema fundamental que se analizará es el de determinar si existen las condiciones económicas, técnicas y ambientales favorables para realizar la actividad de recuperación de residuos sólidos provenientes de la comuna de Viña del Mar y sus alrededores con tal de minimizar los desechos que se depositan en los vertederos y comercializar los materiales separados.

## **2.2 Objetivos del proyecto**

Si bien el cuidado del medio ambiente es algo que incumbe a todas las personas, no todas ellas están dispuestas a hacer cosas por ayudar al cuidado de éste, y como se describió anteriormente, aún estudiada la conveniencia de hacerlo. Aunque hoy en día existen diferentes formas de afrontar el problema antes mencionado, como por ejemplo, rellenos sanitarios, incineración, cambio en los hábitos de consumo y materias primas con los que se fabrican productos de consumo masivo, compresión y disposición controlada, entre otras, una de las alternativas con mayor incidencia en la disminución de las cantidades a disponer en los suelos, la contaminación ambiental y con mayor grado de utilización de tecnología es, sin duda, una planta que recupere la mayor cantidad de residuos con el fin de destinarlos a su reutilización minimizando los costos sociales e individuales por gestión de residuos sólidos urbanos y, por ello, es digna de analizar.

En la actualidad existen empresas que reciclan diferentes materiales como papeles, plásticos, vidrios y aluminios y son abastecidas por personas, cartoneros o empresas productivas que separan sus residuos dentro de sus fábricas e instalaciones, pero a un nivel mínimo, es decir, existe un mercado comprador de materiales recuperados de los RSU, por lo que el problema no es la inexistencia del mismo, sino que comenzar a explotarlo. Como

no existen plantas de transferencia que se ocupen de la tarea de separar residuos, muchos materiales que se encuentran en los RSU no son recuperados y no llegan a estas empresas recicladoras o distribuidoras.

El objetivo principal de este estudio es analizar la factibilidad económica y técnica de crear una planta de transferencia privada, mirando el manejo de RSU como un negocio lucrativo con beneficios sociales y ambientales, que se encargue de separar los materiales que se encuentran en los desperdicios urbanos, en general, y derivarlos a las empresas u organizaciones que existen en el mercado de reciclaje. En este análisis se identificarán los beneficios económicos, ambientales y sociales que generaría dicha planta, teniendo en cuenta variables del entorno importantes para este negocio como lo es la educación de la población para que participe activamente en el proceso de separación de residuos sólidos, las exigencias de las autoridades, capacidad de producción de las plantas recicladoras, competencia en el mercado de las materias primas, entre otras.

La idea fundamental es comenzar a caminar en una dirección correcta, con visión de futuro a largo plazo, que presente una solución definitiva al problema de la creciente generación de residuos y contaminación del medio ambiente. En este sentido, lograr recuperar y comercializar la mayor cantidad de materiales producidos en la comuna, específicamente, proporciona un avance en el desarrollo sustentable del país.

### **2.2.1 Planta de transferencia para recuperación de RSU**

Una planta o estación de transferencia es aquella instalación donde se realiza el trasvase de residuos sólidos desde un camión recolector de bajo tonelaje hacia camiones con un tonelaje mayor con el fin de disminuir los tiempos y costos de transporte de los camiones recolectores comunales hacia y desde el lugar de disposición final de los residuos sólidos urbanos. Una planta de esta naturaleza cuenta con toda la infraestructura necesaria

para el manejo de basura sólida, líquida y tratamiento de aire y olores. Además posee los espacios necesarios para el aparcamiento y circulación de camiones.

Una actividad anexa que se puede asignar a una instalación de este tipo es la de separación de basuras con fines de reciclaje, ya que en ella existen las condiciones ideales para realizar esta labor, esto es, manejo de la basura después de ser recolectada y antes de ser dispuesta en un vertedero con un adecuado control ambiental de esta tarea.

El incluir dicha actividad en las operaciones de una planta de este tipo, hace necesario definir un recurso humano específico, readecuar los espacios físicos, estructura operacional y tecnologías usadas con el fin de realizar la tarea de recuperación de residuos conforme a las normas y políticas establecidas por organismos gubernamentales y lograr obtener resultados económicos y financieros positivos que otorguen un valor real a una planta de transferencia que recupere residuos para destinarlos a la industria de reciclaje.

Este tipo de plantas posee generalmente como principales componentes los siguientes:

Sistema de control de acceso y pesaje de camiones.

Oficinas administrativas.

Instalaciones para el personal.

Bodegas y talleres.

Patio de descarga de camiones.

Depósito de acopio y bodegas para material recuperado.

Sistema de cintas transportadoras y reguladores de carga.

Equipos para el almacenamiento temporal y transporte de material.

Sistema de manejo de emisiones líquidas y gaseosas.

Sistema de salida de materiales no recuperados.

## 2.3 Metodología de estudio

El origen de este proyecto se remonta al año 2002, donde los autores construyeron un modelo y un simulador para analizar el comportamiento de la generación y recolección de RSU en el sistema de contenedores en la ciudad de Valparaíso. Una de las conclusiones de este estudio fue que la cantidad de contenedores y su disposición a lo largo de la ciudad no podría ser definida sólo una vez, ya que la generación de residuos crece conforme pasa el tiempo y la optimización del sistema de recolección, aunque soluciona una parte del problema, no ataca la problemática de fondo por lo que se debe reconfigurar el sistema periódicamente. Si bien, el problema requiere de mucho esfuerzo en varias direcciones, se considera que una planta de transferencia que recupere materiales para su reciclado, es un importante avance hacia una solución con mayor incidencia.

El estudio consta de dos etapas principales. En la primera de ellas se analiza el sistema actual de recolección y tratamiento de RSU en la comuna de Viña del Mar con tal de lograr una comprensión del sistema y obtener los parámetros necesarios para definir el alcance del estudio y la forma de lograrlo. Acto seguido, se reúne toda la información necesaria y se da inicio a un estudio de mercado que definiera las bases de oferta, demanda, precios, flujos de entrada a la planta, flujos de salida de la misma y otros factores que se relacionan con la instalación de una planta de este tipo, como por ejemplo, la legislación vigente.

De acuerdo a lo anterior, el alcance de la primera etapa se orienta a definir claramente los conceptos referidos al ámbito de recuperación, tipos y orígenes de residuos sólidos urbanos. Además, de definir, por cierto, la problemática existente y la solución a ésta que se estudiará. Por otro lado, para lograr desarrollar un análisis adecuado es importante determinar a los agentes y condiciones del mercado.

En síntesis esta primera etapa de estudio define el problema que se busca solucionar, la definición del sistema y subsistemas en cuestión, un estudio de mercado y la definición de alternativas genéricas de construcción para una planta de transferencia que recupere materiales de los RSU de acuerdo a las condiciones del mercado y conceptos propios del tema de la recuperación y reciclaje, las cuales serán evaluadas en la segunda etapa del estudio.

Para esta segunda y última etapa, se contempla una evaluación de cada una de las alternativas de planta recuperadoras definidas en la primera etapa con tal de seleccionar la más conveniente según criterios de costos y de factibilidad de operación, es decir, un estudio de prefactibilidad. Una vez determinada la alternativa óptima, se analiza la estructura de costos que representará la construcción de la misma, la determinación de tarifas y configuración general de las instalaciones. Con estos datos es posible realizar un estudio financiero y económico que permita determinar los flujos anuales que se requieren en una inversión de este tipo y definir la rentabilidad privada y social del proyecto. Finalmente, y como todo lo referente al manejo de RSU se encuentra regulado por la CONAMA, se evaluará desde el punto de vista ambiental, de manera generalizada, la alternativa seleccionada a fin de cumplir con todas las exigencias de un estudio de esta naturaleza.

## 3 Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

### 3.1 Definición de RSU

Todas las actividades comerciales, industriales y de las comunidades que se realizan en un núcleo urbano generan materiales que no vuelven a ser utilizados en dichas actividades, los que pasan a ser desechos de las formas de vida actuales en las ciudades. Las definiciones más comunes de este tipo de basuras aluden a su inutilidad y su casi nulo valor económico, lo que implica que el poseedor deba abandonarlo parcial o totalmente. De acuerdo a esto, para que un bien o parte de él sea considerado, individual o socialmente, como un residuo, basta que la cantidad demandada para su aprovechamiento sea nula o negativa.

La distinción entre residuos sólidos urbanos y rurales obedece a una clara diferencia basada en al menos dos aspectos: el primero ligado a la posibilidad de eliminación o recuperación natural de los mismos diferenciándose ambos en la concentración de materiales no orgánicos; el segundo, hace referencia a las diferentes formas de vida en ambos segmentos resaltando en este último la utilidad positiva que generan la mayor parte de los residuos rurales que pueden servir para alimentación de ganado o combustibles prácticamente sin ningún costo adicional, lo que permite en parte cerrar un ciclo de actividad económica y ambiental rural.

Por tanto, en las ciudades, y dado la mayor aplicación tecnológica presente en ella, existen bienes y residuos que presentan cierta utilidad, ya sea en forma directa o a través del reciclaje de los mismos, por ejemplo, papeles, cartones y vidrios. Por ello, una definición de residuo sólido urbano deba ser entendida dentro de un conjunto de condiciones que signifiquen clasificar a los mismos para identificar a aquellos que presentan posibilidades de ser reutilizados.



Los RSU son, por lo tanto, todos los residuos que provienen de las actividades humanas y animales desarrolladas en núcleos urbanos que son abandonadas o desechadas como inútiles y con muy bajo valor económico.

### 3.2 Origen y clasificación de RSU

Muchas veces el origen de residuos suele ser tan simple y recurrente que las personas no se dan cuenta de la cantidad de veces que generan basura en un día, por ejemplo, el sello plástico de una cajetilla de cigarrillos, abrir ésta o el envoltorio de un caramelo suelen tener nulo valor para una persona y, por lo tanto, se deshace de ella arrojándolo al bote de basura o simplemente al suelo.

La generación de residuos está presente todos los días y a cada minuto en miles de acciones individuales, grupales e industriales. Como estos desechos poseen diversas fuentes de generación existen muchos tipos de residuos dependiendo de su composición, materia u origen. Sin embargo, podemos clasificar los orígenes de residuos como sigue:

Residuos propiamente domiciliarios, es decir, provenientes de las actividades de una vivienda.

Residuos de mercados y mataderos.

Residuos de establecimientos de salud.

Residuos provenientes de la limpieza y barrido de calles.

Residuos provenientes de la mantención de playas y otras zonas recreativas.

Residuos resultantes de obras de construcción.

Lodos y fangos producidos en la depuración de aguas residuales urbanas.

Residuos procedentes de limpieza de pozos negros, alcantarillas y similares.

Residuos comerciales y de oficinas.

Residuos resultantes del abandono de vehículos.

Restos de podas, mantenimiento y conservación de áreas verdes.

Residuos correspondientes a animales muertos.

Residuos específicos tóxicos y peligrosos procedentes de laboratorios, centros de investigación y otros.

Se podría elaborar un listado mucho más extenso, si se piensa que no se ha incluido los residuos procedentes de mezclas de distintas actividades (agraria, minera, industrial) y que se generan dentro del núcleo urbano.

La diferenciación en los residuos es un factor importante a la hora de analizar las posibilidades de reutilización de determinados residuos. A fin de alcanzar un mayor grado de síntesis en la clasificación antes expuesta y una mejor comprensión, se definen las siguientes clases de residuos sólidos urbanos: Residuos domiciliarios, Residuos voluminosos, Residuos sanitarios o de establecimientos de salud, Residuos de construcciones y demoliciones, y Residuos industriales. Todos ellos son definidos y explicados en el Anexo 1.

Respecto a la caracterización de los elementos que se encuentran dentro de los residuos urbanos sólidos, esto también se presenta en el Anexo 1.

### 3.3 Cadena de eliminación de RSU

Los residuos sólidos urbanos siguen un flujo que involucra a varios agentes presentes en una ciudad y entre estas. Ante esto, un manejo adecuado de los residuos puede generar impactos importantes en otros agentes involucrados en la cadena de eliminación de los residuos sólidos urbanos y en otros agentes que participan indirectamente en el manejo de estos desechos.

El manejo de los RSU es el conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos en una zona, el destino global más adecuado desde el punto de vista ambiental, especialmente en lo concerniente a los aspectos de carácter sanitario, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costo de tratamiento, posibilidades de recuperación y de comercialización.

La cadena de eliminación de residuos sólidos urbanos comprende las siguientes actividades:

**Pre-recolección:** Esta fase comprende desde el momento en que se generan los residuos al interior de una vivienda o local comercial u oficina hasta la llegada del personal del sistema de recolección de ellos. Esta etapa puede ser realizada en forma individual en cada unidad habitacional, en forma conjunta por un grupo de viviendas, como es el caso de departamentos y condominios que poseen lugares acondicionados para acumular la basura, y en contenedores especiales ubicados en el exterior de las viviendas dispuestos de tal manera que los residuos son recolectados en forma automatizada por un camión especialmente acondicionado para tal efecto. Como esta etapa es de responsabilidad de cada usuario en algunos casos estos mismos realizan la separación de los residuos *in situ*, es decir, en su propio hogar.

**Recolección:** Mediante la operación de camiones y vehículos acondicionados, se retira y recolecta todos los residuos antes mencionados según rutas y sectores determinados.

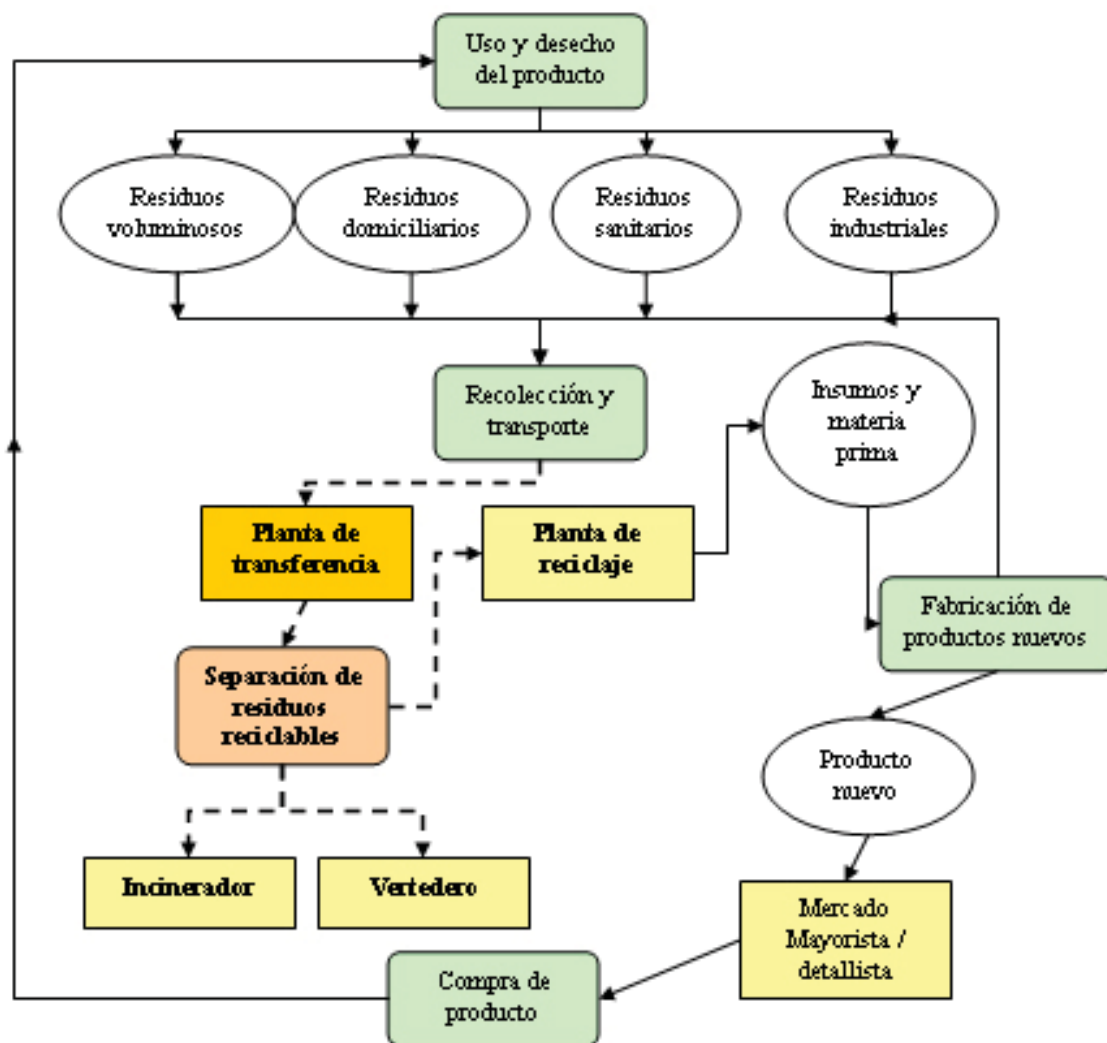
**Transporte:** Esta actividad comienza con la fase de recolección y finaliza cuando los vehículos depositan su carga de residuos en el punto de tratamiento o disposición final como es el caso de una planta de transferencia y un vertedero, respectivamente. Para el caso de que exista una planta de transferencia, generalmente cuando la distancia hacia el lugar de disposición final son largas, existe doble transporte, uno desde los puntos de recolección hasta la planta y otro desde la planta hasta el lugar de disposición final. La diferencia principal de ellos es el volumen de cantidad transportada por cada camión (mayor en el segundo caso) lo que hace variar la cantidad de viajes entre el punto de origen y el punto de destino y por lo tanto los costos de ello.

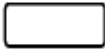
**Tratamiento y disposición final:** Se entiende por tratamiento y disposición final al conjunto de operaciones destinadas a la eliminación de los residuos o al aprovechamiento de recursos contenidos en ellos. Los sistemas más utilizados actualmente son: el relleno sanitario, la incineración, el reciclado y el compostaje. Si bien aún es muy utilizado el vertido o vaciado incontrolado para eliminar las basuras, éste no puede ser considerado como un sistema de tratamiento o disposición, sino que como un simple abandono irresponsable de las mismas.

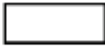
De acuerdo a lo anterior, una planta de transferencia que realice una labor de separación de los residuos que presentan condiciones de ser reciclados de otros que no poseen esta característica, puede resultar beneficiosa para la sociedad en su conjunto y, en particular, para la ciudad de Viña del Mar donde la distancia hacia el vertedero de disposición final es larga.


Como se puede apreciar en la figura 3.1, la incidencia que tiene una planta de transferencia que realice la labor de separación de materias reciclables, no es menor. En efecto, si se toma en cuenta que el material que separa en dicha planta se transforma en materia prima, se cierra un circuito que eventualmente reducirá los volúmenes finales de residuos que irán a parar a los vertederos o incineradores.


Figura 3.1 - Reciclaje en la cadena de eliminación de RSU

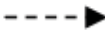


 : Operación o acciones.

 : Instalaciones.

 : Flujos

 : Relación independiente

 : Relación con planta de transferencia

## 4 Descripción del sistema de recolección de RSU de Viña del Mar

Por ordenanza municipal: "El servicio de extracción, transporte y tratamiento de los desechos domiciliarios, comerciales o industriales provenientes de la comuna, así como el barrido, lavado y en general la limpieza de los sitios públicos, será atendido por la I. Municipalidad, de acuerdo con sus medios mecánicos y humanos, sin perjuicio de las obligaciones impuestas a los contribuyentes por la presente ordenanza". [Decreto Alcaldía 1163/92], es que recae en la I. Municipalidad de Viña del Mar la responsabilidad de mantener limpia a la comuna. Por esto la obligación principal de la sección de Aseo es "Recolectar los residuos sólidos domiciliarios, disposición final y la limpieza de vías y sitios de uso público en la comuna" [Decreto Alcaldía 7375/95].

### 4.1 Sección de Aseo de la I. Municipalidad de Viña del Mar

La sección de Aseo de la I. Municipalidad de Viña del Mar, encargada de la limpieza de dicha ciudad, dependiente del Departamento Servicios del Ambiente, está a cargo del señor Javier Yáñez Nieto, el cual es una de las principales fuentes de información. La función de este departamento es dirigir, planificar y organizar todas las prestaciones que realiza la sección a la comunidad. A cargo de él se encuentran las áreas operativas y la Maestranza. Al ser Viña del Mar una ciudad grande, permite a la Dirección de Aseo dar a concesión parte de la ciudad a una empresa privada que se encargue de la extracción de los RSU. Es por este motivo que actualmente dos tercios de la población son atendidos por la sección de aseo de la municipalidad, mientras que del resto está encargada una empresa privada bajo concesión.

## **4.2 Sistema de recolección municipal**

Como se expresó en el punto anterior, existen tres áreas directamente relacionadas a la extracción de RSU: Recolección Domiciliaria, Residuos Verdes y Erradicación de Microbasurales. De éstas, Residuos Verdes como Erradicación de Microbasurales son de exclusiva responsabilidad de la I. Municipalidad, sin importar si el lugar donde se encuentre esté concesionado a la empresa privada.

### **4.2.1 Residuos verdes**

Por el alto volumen de desechos de jardín que se producen en las zonas con gran cantidad de áreas verdes y parques públicos, hizo que los camiones recolectores se saturaran rápidamente en su capacidad, por lo que la municipalidad decidió destinar un camión específico de carga trasera está destinado a recolectar, en forma exclusiva, toda la basura producto de poda y jardinería producida en las zonas mencionadas.

### **4.2.2 Erradicación de microbasurales**

La sección de Aseo de la municipalidad se coordina con las directivas de Juntas de Vecinos para realizar operativos de retiro de desperdicios varios, como lo son la chatarra, despuntes vegetales, reparación de caminos, erradicación de microbasurales, etc. Que son depositados en lugares no aptos para ello. Estos lugares, utilizados como vertederos ilegales, deben ser limpiados y en ellos se encuentran todo tipo de desechos, desde residuos del género orgánicos hasta residuos del tipo peligrosos e industriales. Los lugares frecuentes que se transforman en microbasurales son quebradas, cuencas, sitios eriazos y casas abandonadas generalmente ubicadas en las zonas altas de la ciudad.



### 4.2.3 Recolección domiciliaria

El Sistema Manual, también llamado “Puerta a Puerta”, es el sistema tradicional de recolección y consiste en que un peoneta, premunido de una poncha, retira la basura depositada en bolsas plásticas o dentro de contenedores particulares frente a los domicilios o al interior de los mismos depositándola en la pala de un camión recolector, el cual la comprime y la traslada posteriormente al vertedero municipal. Este servicio se presta fundamentalmente en los cerros de Viña del Mar a través de rutas que parten desde arriba del mismo hacia abajo para facilitar la labor del camión. Las rutas y sus principales características se detallan en el anexo 3.

Como Viña del Mar y sus alrededores cubren una gran extensión, esta comuna se divide en sectores, los que son agrupados por zonas geográficas (ver anexo 3) en los cuales ciertos días de la semana pasa el camión recolectando la basura producida según las rutas establecidas. En todos estos sectores los camiones pasan 2 o 3 días a la semana. El personal y maquinaria con que cuenta la sección para realizar esta labor se estipula en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1** - Elementos de la sección de Aseo de la I. Municipalidad de Viña del Mar.

Elementos	Cantidad
Barredores de calle	158
Choferes	50
Peonetas	130
Camión 19 m <sup>3</sup>	4
Camión 14 m <sup>3</sup>	23
Camión Residual 14 m <sup>3</sup>	1

Camión 5 cajas	1
Camión. 17 m <sup>3</sup>	1
Tolva volteo 6 m <sup>3</sup>	4
Cargador frontal	2

Fuente: [MemoriaAseo02]

### 4.3 Sistema de recolección concesionado

Este sistema utiliza contenedores especiales en los cuales las personas depositan sus residuos. Éstos deben ser ingresados al contenedor en bolsas, aunque es frecuente que las personas lo hagan en ningún tipo de recipiente o bolsa, lo que genera un problema de emanación de olores y de salubridad, pero no afectando mayormente la labor de recolección. Un camión de carga lateral vacía dichos contenedores, comprimiendo los desechos, para luego trasladar la basura al vertedero municipal. Además, otro camión limpia periódicamente los contenedores de modo que no representen un peligro para la salud de las personas. Este sistema de recolección está concesionado y la empresa encargada de esta actividad es Cosemar S.A. La maquinaria que dicha empresa posee para llevar a cabo su servicio es el que se muestra en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2** - Elementos de Cosemar S.A.

Elementos	Cantidad
Choferes	15
Camión 12 m <sup>3</sup>	2
Camión 23 m <sup>3</sup>	2

Cajas transferencia 23 m <sup>3</sup>	2
Camión Hidrolavador 5.750 Lt.	2
Camión <i>Ampliroll</i>	1
Vehículo movimiento contenedores	2
Barredora <i>Ford cargo</i>	0
Camión Compactador 14 m <sup>3</sup>	2
Camión 3/4 con baranda	4
Lavadoras <i>American Lincoln</i>	4
Cargador frontal	1
Bus transporte personal	1
Camión Aljibe <i>Ford - 14.000</i>	1
Camión lavado victorias	1
Camiones <i>Ford</i> barredores	2
Camión <i>Hyundai</i> barrido	4

Fuente: [MemoriaAseo02]

Como el vertedero de Lajarilla, últimamente utilizado para la disposición final, no posee una plaza de pesaje, la municipalidad cancela un monto fijo a la empresa concesionaria por el retiro de la basura de la ciudad. Este hecho impone a dicha empresa analizar la mejor manera de extraer los RSU de modo de mantener el nivel de producción exigido por el municipio. Es por esto que sus camiones recorren las rutas 4 veces a la semana, con lo que el promedio al mes de viajes de los camiones de Cosemar S.A. hacia el

vertedero llega a 430 en época no estival, mientras que en ésta aumenta hasta 470 viajes al mes.

#### **4.4 Situación actual**

El proceso de aseo de la ciudad significa un gran gasto para la I. Municipalidad. Ella debe coordinarse con los elementos que tiene para lograr recolectar todos los desperdicios que se generan en las 124.927 viviendas de la zona.

Respecto a los ciudadanos, éstos no siempre actúan de la manera esperada, es decir, no cumplen con algunos decretos municipales. Los mayores problemas en este aspecto son los siguientes:

En rutas de atención manual, los usuarios depositan residuos en días y horarios inadecuados.

Los habitantes no cumplen con mantener permanentemente aseadas las aceras del frente de sus predios ni los espacios de tierra reservados a jardines, responsabilidad que concierne a ellos.

En la atención por contenedores, los usuarios no cumplen con tirar en bolsas plásticas los residuos, además de depositar residuos voluminosos. En este último caso, dificulta el retiro poniendo en peligro los mecanismos de extracción de los camiones y a los propios contenedores.

Respecto a los residuos sólidos urbanos en todas las ciudades se generan, al menos, tres tipos de residuos: domiciliarios, voluminosos y verdes. La situación actual de estos residuos, además del proceso de erradicación de microbasurales, para Viña del Mar se caracteriza a continuación:

#### 4.4.1 Residuos domiciliarios

Estos residuos son generados en viviendas particulares, locales comerciales y oficinas. Constan de desperdicios orgánicos (restos de comida, vegetales, etc.), papeles, cartones, vidrios, plásticos y elementos de aluminio u otro metal.

Los desperdicios domiciliarios se generan diariamente a razón de 0,9 a 1 Kg por persona, por lo que, teniendo un estimado de 354,224 habitantes en la zona, implica que se producen diariamente un aproximado de 350.000 kilos de RSU. La producción de residuos sólidos urbanos total y de cada componente se detalla en el capítulo 5.

#### 4.4.2 Residuos voluminosos

Éstos son desperdicios de gran volumen que, por sus características y composición, no pueden ser comprimidos dentro de los camiones recolectores ya que ponen en peligro a los operarios y mecanismos del camión. Dentro de los más comunes se encuentran cocinas, catres, *calefont*, sillas, colchones, lavadoras y muebles varios (ver tabla 4.3y figura 4.1) Para estos residuos acude un camión tolva en el cual los peonetas suben el artículo voluminoso para ser llevado al vertedero. El común de los casos es que dicho elemento sea depositado a un costado de los contenedores o lanzado a un microbasural.

**Tabla 4.3**– Retiro de residuos voluminosos promedio período Abril – Agosto 2002.

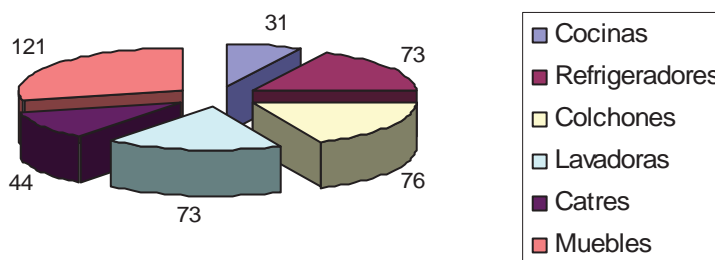
Elementos	Unidades
Cocinas	31
Refrigeradores	73
Colchones	76
Lavadoras	73

Catres	44
Muebles	121
<b>Total</b>	<b>418</b>

Fuente: [MemoriaAseo02]

Figura 4.1 – Gráfico de retiro de residuos voluminosos abril – agosto 2002

### Retiro Residuos Voluminosos (por unidad)



#### 4.4.3 Erradicación de microbasurales

En los microbasurales se encuentran desperdicios de los tres tipos de residuos, es decir, se mezclan en ellos desperdicios domiciliarios, residuos verdes y voluminosos. La composición de un microbasural se debe tener clara para coordinar los elementos necesarios para su limpieza. Estas acciones se detallan en la tabla 4.4 y figura 4.2.

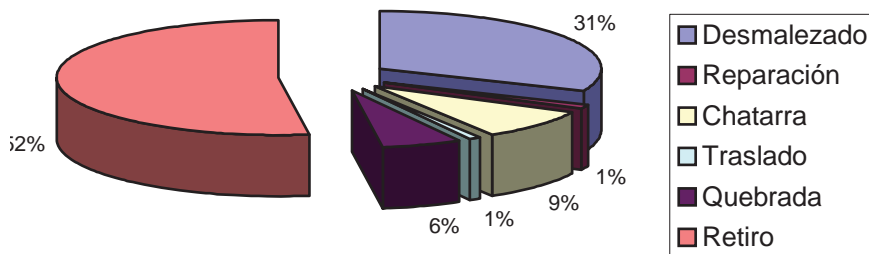
**Tabla 4.4** - Residuos en microbasurales promedio período Enero – Agosto 2002.

Ítem	Cantidad (m <sup>3</sup> )
Desmalezado	2070
Reparación	60
Chatarra	575
Traslado	59
Quebrada	389
Retiro	3428
<b>Total</b>	<b>6581</b>

Fuente: [MemoriaAseo02]

Figura 4.2 – Gráfico de operativos en microbasurales enero – agosto 2002

### Operativos Microbasurales (m3)



## 4.5 Tarifas de retiro de RSU

Por ley de Rentas Municipales N° 3063/79, la I. Municipalidad está facultada para cobrar por el servicio de aseo, como una forma de solventar sus gastos por tal concepto. Este cobro

se hará en las zonas urbanas y suburbanas de la comuna en forma trimestral, por cada unidad habitacional o vivienda (local, casa, kiosco, sitio eriazo, etc.), exceptuando el caso que la vivienda tenga un avalúo fiscal menor a las 25 UTM o que la I. Municipalidad decida no aplicar el cobro. Los propietarios de viviendas con avalúo fiscal mayor a 100 UTM. deberán pagar dicha cuota junto con sus contribuciones. Las que estén entre 25 a 100 UTM. lo deben hacer en las cajas de tesorería de la municipalidad. Es en este último grupo en que existe un alto nivel de no pago por lo que la Dirección de Aseo debe buscar las formas de incentivar a la población para que esté al día en sus cuotas. Esta falta de responsabilidad de los habitantes de la comuna provoca grandes pérdidas para la I. Municipalidad que debe, por la falta de recursos que entren a través del concepto de pago por servicio de aseo, asumir los gastos con dineros de las arcas municipales.

La forma de calcular la tarifa de aseo está dada por una fórmula definida en la Ley de Rentas Municipales. La sección de la ley donde se encuentran explicados los diferentes componentes de dicha ecuación se encuentra resumida en el anexo 4. El modo de obtener dicho valor es el siguiente:

$$\text{Tarifa de Aseo} = (\text{GP} + \text{GV} + \text{GDF} + \text{GC} + \text{GST} + \text{GAP} + \text{OG}) / \text{NTU}$$

Donde:

GP: gasto de personal en el año.

GV: gasto en vehículos en el año.

GDF: gasto en disposición final en el año.

GC: gasto de capital en el año.

GST: gasto de servicios proporcionados por terceros en el año.



GAP: gasto de arriendo de propiedades en el año.

OG: gastos varios totales en el año.

NTU: número total de usuarios del sistema en el año.

Como cada municipio tiene el poder para decidir la forma en que estructurará el sistema de recolección de residuos sólidos es que la tarifa de aseo es distinta en cada ciudad. Este hecho se presenta en la tabla 4.5, en la cual se muestran datos de los precios clasificando algunas ciudades en tres grupos dependiendo del tamaño de éstas. Estos grupos son: grandes ciudades (200.001 a 500.000 hab.), ciudades medianas (50.001 a 200.000 hab.) y ciudades pequeñas (15.000 a 50.000 hab.).

**Tabla 4.5** - Ejemplo de tarifas de recolección de residuos por ciudades.

<b>Ciudades Grandes</b>	<b>Tarifa Anual en pesos</b>
Antofagasta	17.234
Talcahuano	15.372
Valparaíso	36.120
Viña del Mar	24.726
<b>Ciudades Medianas</b>	<b>Tarifa Anual en pesos</b>
Calama	49.512
Concepción	16.585
San Antonio	47.998
<b>Ciudades Pequeñas</b>	<b>Tarifa Anual en pesos</b>

La Ligua	47.226
Putre	5.928
Tocopilla	18.556

Fuente: [Cerde03]

Se aprecia en la tabla que los habitantes de las ciudades grandes generalmente pagan una menor tarifa que las personas que viven en las ciudades que tienen un tamaño medio o pequeño, esto debido a que el servicio de disposición final posee economías de escala, los cuales son aprovechados por las comunas denominadas grandes. Además, los equipos y formas de realizar la recolección de basura y el barrido de las calles pueden ser muy distintas, en cuanto a eficiencia se refiere, lo que trae consigo diferentes costos para las municipalidades. Aspectos en los que se producen esas diferencias son las variadas formas que se utilizan para barrer (automático, manual o mixta), las frecuencias de recolección (número de camiones, gasto en combustible) y el tipo de disposición final (relleno sanitario, vertedero, planta de transferencia).

## 4.6 Disposición final

Aunque en el último tiempo, los RSU producidos en la comuna de Viña del Mar y sus alrededores han sido depositados en el vertedero de Lajarilla, ubicado a 20 Kms. del centro de la ciudad, éste está en período de clausura, por lo que se encuentra en desarrollo el proceso de adjudicación de una propuesta pública para la concesión del "Servicio de Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos de Viña del Mar".

Según las bases de esta propuesta el nuevo sitio de recepción, es decir, el lugar donde los camiones recolectores entregarán la basura retirada de los domicilios de la

comuna, debe estar a no más de 15 Kms. de distancia de la plaza José Francisco Vergara, ubicada en el centro de la ciudad. Esto hace pensar que, por la composición de los terrenos que rodean a la ciudad y la distancia permitida para ubicar el sitio de recepción, las empresas que participen en la licitación propondrán la construcción de plantas de transferencia, la cual embarcaría los desperdicios hacia el relleno sanitario de Til Til en la Región Metropolitana; hacia el relleno sanitario de El Molle, ubicado en la salida sureste de Valparaíso; o hacia un nuevo relleno sanitario construido especialmente para recibir los desperdicios de la comuna de Viña del Mar.

En dicha propuesta pública se ofrece la utilización de un terreno municipal, a título de permiso de ocupación, que encierra aproximadamente 6.000 metros cuadrados, con 70 metros de longitud frente a la calle Limache en el sector El Salto de Viña del Mar. Este sector es del tipo industrial por lo que cumple con las condiciones para la instalación de una estación de transferencia de RSU, uno de los requisitos para su construcción.

El modo en que la I. Municipalidad cancelará a la empresa dueña de la disposición final de los RSU de la comuna será en base al Estado de Pago. Este es un documento que contiene una relación de los RSU entregados por el municipio o por sus empresas contratistas en un cierto período (mensual en el caso de Viña del Mar), y recibidos por el concesionario de la disposición final, valorizados a los precios unitarios vigentes en el contrato, y que una vez aprobado por la Unidad Técnica Municipal, permite al concesionario percibir el pago.

Para poder cumplir con la realización del Estado de Pago, la nueva instalación de disposición final que se construya para la ciudad deberá poseer una romana que permita contabilizar el peso de los RSU entregados al concesionario.

## 5 Caracterización de RSU en Viña del Mar

En cualquier ciudad, sea grande o pequeña, es esencial conocer la cantidad de basura a recoger y sus características con el objetivo de diseñar técnicamente los sistemas de recolección, separación, transporte y disposición final de la misma.

El objetivo de una caracterización es, entonces, determinar las principales cualidades y características de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Viña del Mar. Lo importante de esta tarea, es que esta es una herramienta de trabajo que permite conocer el elemento con el cual se trabaja, en este caso, los residuos sólidos.

Como primer punto esencial, es importante señalar que existen normas y leyes que regulan cualquier manipulación, tratamiento y estudio de los RSU.

### 5.1 Marco legal

En nuestro país el tratamiento de los residuos sólidos urbanos está regulado por un conjunto heterogéneo de leyes, decretos de leyes, reglamentos y disposiciones, teniendo competencia sobre su gestión y control un conjunto amplio de ministerios y entidades públicas. Los ministerios relacionados con el tema son:

Ministerio Secretaria General de la Presidencia.

Ministerio de Salud.

Ministerio del Interior.

Ministerio de Obras Públicas.

Ministerio del Trabajo.

Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

Ministerio de Defensa Nacional.
Ministerio de Relaciones Exteriores.
Ministerio de Planificación y Cooperación.
Ministerio de Agricultura.

Un resumen de la regulación jurídica chilena aplicable a los residuos sólidos se presenta en el anexo 5.

Es importante destacar que el Ministerio del Interior actúa por medio de los municipios, los que tienen la responsabilidad legal de la recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos domiciliarios, de los generados por el comercio y en las vías públicas y lugares de esparcimiento colectivos. El Ministerio Secretaría General de la Presidencia actúa a través de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, CONAMA, y de su expresión institucional en regiones, las Comisiones Regionales de Medio Ambiente, COREMAS.

Entre las instituciones del Estado con responsabilidades legales claramente definidas en el tema, se destacan los servicios de salud y las municipalidades. A continuación se describe las responsabilidades de cada uno de ellas.

### **5.1.1 Servicio de Salud**

Los Servicios de Salud tienen su origen en el decreto ley N° 2.763 de 1979. Corresponde a su Departamento de Programas sobre el Ambiente elaborar los programas específicos del área.

Al Servicio de Salud respectivo le corresponde "...Otorgar la autorización para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios; el almacenamiento y abandono o desecho de sustancias reactivas; y la acumulación, tratamiento y disposición final de residuos

industriales, dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo” [Mideplan98]. Además, de “...Ejercer la vigilancia del funcionamiento de estos lugares” [Mideplan98].

Los Servicios de Salud, de acuerdo a lo anterior, deben otorgar su aprobación y autorización previa a todo proyecto relativo a la construcción, reparación, modificación y ampliación de plantas de tratamientos de basuras y desperdicios de cualquier clase.

En materia de transporte de residuos, deberá ejercer la vigilancia sanitaria de los vehículos o sistemas de transporte de basuras.

Finalmente, en cuanto a control y sanción, el Servicio de Salud tiene facultades para practicar la inspección y registro de cualquier sitio; pudiendo aplicar sanciones tales como multas, clausura de establecimientos, cancelación de autorización de funcionamiento, y otras.

### **5.1.2 Municipalidades**

La Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades N° 18.695, en su artículo 21, define como atribuciones privativas de cada municipio las siguientes:

Velar por el aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines y, en general, de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna.

Velar por el servicio de extracción de basura.

La construcción, conservación y administración de las áreas verdes de la comuna.

Por otra parte, le asigna atribuciones compartidas con otros servicios públicos en materias de salubridad e higiene ambiental. Ello obliga a la gestión de cada municipio en aspectos

como la disposición final de los residuos y los procesos intermedios, y a que se complemente, coordine o se sujete parcialmente a otros entes u organismos responsables de los niveles regional y educacional.

Las atribuciones mencionadas permiten a las municipalidades promulgar ordenanzas, reglamentos y decretos alcaldicios aplicables a la comunidad, pudiendo imponer multas y el cobro de derechos varios.

Junto con ello, la Ley de Rentas Municipales, antes de la modificación del 30 de mayo de 1995, establecía un mecanismo de cobre a los usuarios del sistema de recolección de basuras, que obligaba a las municipalidades, en su gran mayoría, a financiar un déficit constantemente.

Con fecha 30 de mayo de 1995, se publicó en el Diario Oficial la Ley N° 19.388 que modifica la Ley Orgánica de Municipalidades, el Decreto Ley N° 3.063 de 1979 sobre Rentas Municipales, la Ley N° 17.235 sobre Impuesto Territorial, y otros cuerpos legales. Entre las modificaciones de mayor trascendencia contenidas en la Ley N° 19.388, en relación al cobro de derechos de recolección de residuos, en el artículo 7°, se encuentran las siguientes:

“Las condiciones generales por las que se determinarán las tarifas así como las condiciones necesarias para su exención, parcial o total, serán fijadas en las respectivas ordenanzas municipales”. [Mideplan98].

“Con todo, quedarán exentos automáticamente de dicho pago, aquellos usuarios cuya vivienda o unidad habitacional a la que se le otorga el servicio, tenga un avalúo fiscal igual o inferior a 25 unidades tributarias mensuales, UTM”. [Mideplan98].

Con respecto a aquellos predios entre 25 a 100 UTM, es el Consejo Municipal quién decide si los exime o no, y en qué porcentaje. Así, existe obligación del pago del 100% del costo del servicio a los predios de valor mayor a 100 UTM.

## **5.2 Producción de RSU en Viña del Mar**

La producción de RSU en la comuna de Viña del Mar se define como las toneladas de basura total generadas en un año en particular. Sin embargo, actualmente no existe un sistema que permita medir en forma exacta la cantidad de basura que se genera en la comuna, por lo que se considera válido utilizar una estimación de ésta a partir de los volúmenes que se ingresan al recinto de disposición final. Por otro lado, la existencia de microbasurales en diversos puntos de la ciudad hace que los volúmenes estimados aumenten, pero no en una cantidad muy razonable. No obstante se considerará los volúmenes de residuos que posean éstos.

Se presenta a continuación en la tabla 5.1, la producción total media mensual observada de RSU medida por la empresa CAM a cargo del vertedero “Lajarilla”, lugar donde últimamente se ha realizado la disposición final de los residuos provenientes de la comuna. Esta estimación se realizó en el año 2001 y el inicio de 2002. Con esta información y datos referentes a la producción por habitante de basura se realizará posteriormente una proyección de las toneladas para un horizonte de 15 años.

**Tabla 5.1** – Producción media mensual de RSU observadas en el año 2001 e inicio de 2002.



Mes	m <sup>3</sup> / día	ton / día
marzo (2001)	693	346
abril (2001)	622	311
mayo (2001)	670	335
junio (2001)	645	323
julio (2001)	706	353
agosto (2001)	686	343
septiembre (2001)	706	353
octubre (2001)	635	318
noviembre (2001)	676	338
diciembre (2001)	639	320
enero (2002)	695	348
febrero (2002)	626	313
<b>promedio</b>	<b>667</b>	<b>333</b>

Fuente: [IMV03]

De la tabla anterior se puede observar que el volumen de basura generado en la comuna oscila entre los 622 y los 706 metros cúbicos diarios. La cantidad en peso generada posee un mínimo de 311 toneladas diarias y un máximo de 353 toneladas diarias. Esto indica que la producción de RSU no es constante durante el transcurso del año. En este

sentido el periodo que muestra una mayor producción de basura media es el de invierno con 350 toneladas diarias. De la misma forma, verano posee un promedio de 336 ton/día, otoño de 323 ton/día y primavera 325 ton/día.

### 5.3 Proyección de la producción de RSU

Según estudios realizados por diversos organismos, entre ellos el Instituto de Estadísticas de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, se estima que la producción promedio diaria por persona en la ciudad de Viña del Mar es 0,9 [Kg/Habitante/día]. Con ello, se puede afirmar que la producción de residuos está íntimamente ligada al crecimiento de la población.

Considerando que los hábitos de consumo no varían bruscamente y, más bien, se mantienen constantes o su variación es mínima, la economía del país se muestra equilibrada en los últimos años y se ha estimado que no habrá cambios fuertes en ello, se presenta en la tabla 5.3 una proyección de la generación de RSU en la comuna de Viña del Mar en función de la producción promedio diaria por persona y el crecimiento de la población estimado por el Instituto Nacional de Estadísticas. Los datos utilizados para la proyección se muestran en la tabla 5.2 y corresponden a los valores mejor evaluados por la municipalidad de Viña del Mar<sup>2</sup>.

**Tabla 5.2** – Datos utilizados para la proyección.

---

<sup>2</sup> Estos valores son propuestos en las bases de licitación para la construcción de una planta de transferencia para la ciudad de Viña del Mar.

Tasa media de crecimiento <i>per cápita</i> de RSU	1,00%
Tasa de crecimiento poblacional	1,00%
Producción <i>per cápita</i> en Kg/habitante/diaria	0,9
Nº de Habitantes año 2003	354,224

Fuente: [IMV03]

**Tabla 5.3** – Proyección de generación de RSU totales para Viña del Mar para 15 años.

<b>Año</b>	<b>Producción <i>per cápita</i> (ton/año)</b>	<b>Nº de habitantes</b>	<b>Producción media diaria (ton/día)</b>	<b>Producción media anual (ton/año)</b>
2003	0,335	354.224	330	118.665
2004	0,338	357.766	336	120.925
2005	0,342	361.344	343	123.580
2006	0,345	364.957	350	125.910
2007	0,349	368.607	357	128.644
2008	0,352	372.293	364	131.047
2009	0,356	376.016	372	133.862
2010	0,359	379.776	379	136.340
2011	0,363	383.574	387	139.237
2012	0,367	387.410	395	142.179
2013	0,371	391.284	403	145.037

2014	0,374	395.197	411	147.953
2015	0,378	399.149	419	150.926
2016	0,382	403.140	428	153.960
2017	0,386	407.172	436	157.055
2018	0,390	411.244	440	160.327

Fuente: [IMV03, Elaboración propia]

La proyección se define para un horizonte de 15 años, puesto que ésta es la cantidad de años que normalmente se destinan para una evaluación de una planta de transferencia. Esta información se estipula en las bases de licitación para la construcción de una planta de transferencia en la ciudad de Viña del Mar propuesta en el año 2003 por la municipalidad de la comuna.

## 5.4 Composición de RSU en Viña del Mar

El conocimiento de la composición de los residuos sólidos urbanos tiene importancia para la toma de decisiones en la elección de cualquier sistema de recolección y tratamiento de ellos.

En general, la composición de las basuras es función de:

Sectores geográficos.
-----------------------

Época de producción de residuos.

El estrato socioeconómico de la población

Los hábitos de consumo de la población.

El tipo de producción agraria.

La estructura económica del país.

Para efectos del presente estudio, se tomará en cuenta los estratos socioeconómicos y la época de producción de los residuos (verano, otoño, invierno, primavera) ya que los demás factores son comunes para la comuna de Viña del Mar, en otras palabras, los hábitos de consumo de los usuarios de cada segmento socioeconómico, el sector geográfico, el tipo de producción agraria y la economía del país no tendrá variación que afecten considerablemente la composición de los residuos generados, afectando sólo a la producción total de residuos generada en la comuna.

Para obtener una primera aproximación a la composición típica de los RSU en América del Sur, se presenta a continuación la tabla 5.4 con los porcentajes del peso total promedio en Chile, Argentina y Bolivia.

**Tabla 5.4** – Composición de RSU promedio en América del Sur (Porcentaje del peso total)

País	Cartón y Papel	Metal	Vidrio	Textil	Plásticos	Orgánicos	Otros Inertes <sup>e</sup>
Chile	18,8	2,3	1,6	4,3	10,3	49,3	13,4
Argentina	20,3	3,9	8,1	5,5	8,2	53,2	0,8
Bolivia	6,2	2,3	3,5	3,4	4,3	59,5	20,8

Fuente: [ILPES98]

En la tabla expuesta se puede verificar lo anteriormente planteado, respecto a los factores que inciden en la composición de la basura. Los tres países contrastados presentan variaciones en los valores producto de las diferencias en las características que afectan la composición. Por ejemplo, Bolivia muestra un mayor nivel de inertes en comparación con Argentina, pero menos cantidad de papel que este último, esto se puede explicar al menor nivel de industrialización de Bolivia con respecto a Argentina.

Es interesante destacar el crecimiento de los papeles y materias plásticas. Ello se produce fundamentalmente a partir de los años 80, el primero de ellos motivado en buena medida por la creciente utilización de computadores e impresoras, que trajeron consigo cambios en los tipos de papel utilizados con cualidades de reciclaje más altas, y el segundo por su mayor uso en la manufactura de productos y envases asociados al desarrollo tecnológico observado en los países.

Por otro lado, considerando una estratificación socioeconómica se presenta la tabla 5.5, donde se especifica la composición de los RSU en la ciudad de Viña del Mar para cada segmento según el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social.

**Tabla 5.5** – Composición media de los RSU en la ciudad de Viña del Mar por estrato socioeconómico.

Estrato	Orgánico	Goma	Papel	Cartón	Plástico	Textil	Madera	Metal	Vidrio	Otros <sup>3</sup>
Bajo	69,76	0,2	9,4	3,27	5,55	2,81	0,52	1	1,39	6,1

<sup>3</sup> Esta clasificación corresponde a todos los residuos inertes, tierra y cenizas.

<b>Medio</b>	62,8	0,8	10,4	3,05	6,81	1,64	1,36	2,14	2,54	8,46
<b>Alto</b>	54,93	0,5	18,2	5,55	6,81	2,01	0,52	1,85	3,82	5,81

Fuente: [ILPES98]

Es de destacar la gran diferencia observada entre los distintos estratos socioeconómicos, especialmente en lo referido al porcentaje de orgánicos, lo que implica distintos requerimientos o dificultades de manipulación y tratamiento. Esto se puede deber principalmente a que en los estratos más altos, los hábitos de consumo son preferentemente de productos de supermercados, lo que generalmente están empacados y envasados con cartones y plásticos. En cambio en estratos más bajos, estos hábitos se concentran en productos de ferias y mercados, los que regularmente se encuentran en su estado natural sin envases ni empaques. Lo mismo sucede para el caso del papel, ya que en los niveles altos es más común encontrar el uso de computadores e impresoras. Cabe consignar que, en algunos casos, esta diferencia puede deberse a la existencia de actividades no estrictamente domiciliaria, como es el caso de oficinas y talleres artesanales, por ejemplo.

Un aspecto muy importante, derivado de la especial calidad de cada tipo de residuo sólido urbano, es el de permitir analizar la capacidad y operatividad de los diferentes sistemas que puedan elegirse para su manejo. A tal efecto, se describirá los principales aspectos de interés: La densidad de los residuos y su humedad.

La producción mostrada en la tabla 5.1 corresponde a los valores obtenidos a través de medias mensuales. Pero es usual que la producción diaria tenga variaciones según el día en que se trate. La recolección de residuos en la ciudad de Viña del Mar, como se mencionó en el capítulo anterior, se realiza desde el lunes hasta el sábado según rutas y sectores

establecidos anualmente y en algunos casos, dependiendo de condiciones especiales o emergencias, estas rutas se reconfiguran pero sólo por un periodo temporal para luego volver a la configuración de rutas originalmente definida para el año para el sector en cuestión. En el anexo 3 se describe cada uno de los sectores definidos en la ciudad, las rutas que existen en cada uno de ellos, así como los días en que se opera en ellas y el estrato socioeconómico promedio al que pertenecen los usuarios de cada ruta.

Como la recolección de RSU no es realizada todo los días en una ruta en particular, por ejemplo, en la ruta IREA (perteneciente al sector Recreo Alto) los días de recolección son el lunes y jueves, la diferencia de acumulación de residuos entre el día lunes y jueves es menor a la acumulación que se genera entre los días jueves y lunes. Esto obedece a que en el segundo caso existe un día más de acumulación de residuos, el día domingo. Generalmente no se dispone de un cálculo exacto de la diferencia de acumulación antes planteada, pero según el departamento de aseo de la municipalidad “se estima que en los días lunes, martes o miércoles el servicio retira mayor cantidad de basura que en los días jueves, viernes o sábado”[Arenas03].

#### **5.4.1 Densidad**

El cálculo del volumen medio de recolección en origen hasta los dispositivos de almacenamiento para su transferencia o para su tratamiento, debe tener en cuenta: la clase de basuras, su densidad y su capacidad de compresión por los medios utilizados habitualmente.

Los sistemas mecánicos de transporte con cajas compactadoras o de traspase mediante contenedores de compactación estacionaria, permiten incrementar sensiblemente



la densidad de los residuos transportados y de esta forma optimizar los costos derivados de esta operación debido a que aumenta la relación ton/Km. (peso transportado por kilómetro recorrido). Conviene obtener una buena relación, especialmente en los grandes centros urbanos, como es el caso de Viña del Mar, que exigen por ley la disposición final de los residuos a distancias de 15 Km. o más. Pero, con el aumento de la capacidad de compactación aumenta la fragilidad de los elementos mecánicos, en especial debido a las averías que pueden ocasionar algunos residuos que se presentan en las basuras, como por ejemplo, rodamientos, piezas metálicas, botellas, entre otros.

La densidad, según el autor George Tchobanoglous [Tchobanoglous94], en origen varía desde 80 Kg/m<sup>3</sup> hasta 250 Kg/m<sup>3</sup> en contenedores domiciliarios o públicos, para pasar a 400 Kg/m<sup>3</sup> en una caja compactadota de un camión convencional, hasta llegar a vertedero donde se puede alcanzar entre 500 y 1000 Kg/m<sup>3</sup>. Con esto, es posible determinar de mejor forma los sistemas de transporte y compactación que se ajusten de mejor forma a los costos que se requiere asumir para una planta de transferencia con recuperación de residuos.

La densidad típica de los componentes de los residuos sólidos urbanos se muestra a continuación en la tabla 5.6.

**Tabla 5.6** – Densidad típica de los componentes de los RSU.

Componente	Rango (Kg/m3)	Valor típico (Kg/m3)
Restos de comida	131-481	291

Restos de jardín	59-225	101
Papel	42-131	89
Plásticos	42-131	65
Textiles	42-101	65
Goma	101-202	131
Cuero	101-261	160
Madera	131-320	237
Vidrio	160-481	196
Hojalata	50-160	89
Aluminio	65-240	160
Metal	131-1151	320
Cenizas	320-1000	481

Fuente: [Tchobanoglous94]

### 5.4.2 Humedad

En las operaciones de recolección, transporte y tratamiento, la humedad es un factor que ocasiona serios problemas. En general, las basuras producidas en los países de América Latina, como consecuencia de los hábitos de consumo alimenticio de productos vegetales poco elaborados, contienen un alto porcentaje en restos orgánicos, lo cual confiere a sus RSU la cualidad de poseer un elevado porcentaje de agua [Tchobanoglous94].

Cuando la humedad es acompañada por un bajo contenido de papel, cartón, textiles y otros capaces de absorber una parte de la humedad, tales residuos son de laborioso manejo, debido a su rápida fermentación. Esta fermentación se produce tanto por las características propias del residuo, como por la acción del compactador que hace fluir cantidades importantes de materias líquidas, las cuales mezcladas a los azúcares, grasas, almidón, etc., presentes en los residuos orgánicos, facilitan todavía más el inicio de los procesos de fermentación.

Este concepto debe ser tratado para disminuir la posibilidad de que el material que es susceptible de ser reciclado sea afectado por la humedad presente y los componentes de los residuos orgánicos antes de ser separado.

## 5.5 Determinación de flujos de entrada a la planta

Para determinar los flujos de residuos que ingresarán a la planta, se tomará en cuenta la composición de residuos que genera cada estrato social (tabla 5.5), la población de cada estrato según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y la producción total de basura generada en la comuna.

La tabla 5.7 muestra el porcentaje de población de cada estrato social en Viña del Mar.

**Tabla 5.7** – Porcentaje de población por estrato social

Estrato	Alto	Medio	Bajo
% del total	7,5	51,0	41,5

Fuente: [INE03]

Al multiplicar cada porcentaje de población por la cantidad total de habitantes de la comuna (354.224 Habitantes) se obtiene la cantidad de habitantes por cada estrato socioeconómico. Con este dato podemos calcular la producción total media de RSU generado por cada estrato social al multiplicarlo por la producción *per cápita* anual (ver tabla 5.3). La producción de residuos por estrato social se muestra en la tabla 5.8.

**Tabla 5.8** – Producción media de RSU por estrato social.

<b>Estrato Social</b>	<b>Habitantes (Nº)</b>	<b>Tasa de producción (ton/año)</b>	<b>Producción media Diaria (ton/día)</b>	<b>Producción media Anual (ton/año)</b>
<b>Alto</b>	26.567	0,335	25	<b>8.900</b>
<b>Medio</b>	180.654	0,335	168	<b>60.519</b>
<b>Bajo</b>	147.003	0,335	137	<b>49.246</b>
<b>Total</b>	<b>354.224</b>	-	<b>330</b>	<b>118.665</b>

Fuente: [Elaboración propia]

A partir de la producción total anual media de RSU de cada estrato socioeconómico y la composición de los residuos generados por cada uno de ellos mostrados en la tabla 5.5 se obtiene la producción media anual de cada compuesto del residuo para cada estrato analizado. Las tablas 5.9, 5.10 y 5.11 muestran esta información para los estratos socioeconómicos alto, medio y bajo respectivamente.

**Tabla 5.9** – Producción de cada compuesto de RSU del estrato social alto.

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Porcentaje en peso del total</b>	<b>Producción Media Anual (ton/año)</b>
<b>Orgánico</b>	0,5493	4.889
<b>Goma</b>	0,0051	45
<b>Papel</b>	0,182	1.620
<b>Cartón</b>	0,0555	494
<b>Plástico</b>	0,0681	606
<b>Textil</b>	0,0201	179
<b>Madera</b>	0,0052	46
<b>Metal</b>	0,0185	165
<b>Vidrio</b>	0,0382	340
<b>Otros</b>	0,0581	516

Fuente: [Elaboración propia]

**Tabla 5.10** – Producción de cada compuesto de RSU del estrato social medio.

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Porcentaje en peso del total</b>	<b>Producción Media Anual (ton/año)</b>
<b>Orgánico</b>	0,628	37.528
<b>Goma</b>	0,008	484
<b>Papel</b>	0,104	6.294
<b>Cartón</b>	0,0305	1.846

<b>Plástico</b>	0,0681	4.121
<b>Textil</b>	0,0164	993
<b>Madera</b>	0,0136	823
<b>Metal</b>	0,0214	1.295
<b>Vidrio</b>	0,0254	1.537
<b>Otros</b>	0,0846	5.598

Fuente: [Elaboración propia]

**Tabla 5.11** – Producción de cada compuesto de RSU del estrato social bajo.

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Porcentaje en peso del total</b>	<b>Producción Media Anual (ton/año)</b>
<b>Orgánico</b>	0,6976	34.354
<b>Goma</b>	0,002	98
<b>Papel</b>	0,094	4.629
<b>Cartón</b>	0,0327	1.610
<b>Plástico</b>	0,0555	2.733
<b>Textil</b>	0,0281	1.384
<b>Madera</b>	0,0052	256
<b>Metal</b>	0,01	492
<b>Vidrio</b>	0,0139	685

<b>Otros</b>	0,061	3.004
--------------	-------	-------

Fuente: [Elaboración propia]

Con lo anterior podemos obtener la producción media total anual de cada compuesto del RSU generado en la comuna de Viña del Mar. Para ello simplemente se suman los totales de cada tipo de basura de cada estrato social analizado. La tabla 5.12 muestra estos totales.

**Tabla 5.12** – Producción media total de cada compuesto de RSU año 2003.

<b>Total 2003</b>	<b>Orgánico</b>	<b>Goma</b>	<b>Papel</b>	<b>Cartón</b>	<b>Plástico</b>	<b>Textil</b>	<b>Madera</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
<b>Ton/año</b>	76.771	628	12.543	3.950	7.460	2.556	1.125	1.952	2.562	9.118

Fuente: [Elaboración propia]

De lo anterior se desprende que existe una alta cantidad de material que puede ser recuperado. Tal es el caso del papel, cartón, plástico y vidrio los cuales poseen un mercado de reciclaje en el país. Más adelante se abordará este tema.

Por otra parte, es necesario realizar una proyección, para el mismo horizonte de tiempo analizado anteriormente en los flujos de RSU totales, de los flujos de cada compuesto presente. Esto con el fin de estimar, en forma aproximada, los posibles flujos de entrada que tendrá la planta en los años venideros. La metodología para realizar dicha proyección es similar a la usada anteriormente. La tabla 5.13 muestra la proyección mencionada.

**Tabla 5.13** – Proyección de la generación de cada compuesto para 15 años.(ton / año)

<b>Año</b>	<b>Orgánico</b>	<b>Goma</b>	<b>Papel</b>	<b>Cartón</b>	<b>Plástico</b>	<b>Textil</b>	<b>Madera</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
2003	76.771	628	12.543	3.950	7.460	2.556	1.125	1.952	2.562	9.118
2004	78.233	640	12.782	4.025	7.602	2.605	1.146	1.989	2.611	9.292
2005	79.951	654	13.063	4.114	7.769	2.662	1.172	2.033	2.668	9.496
2006	81.458	666	13.309	4.191	7.915	2.712	1.194	2.071	2.718	9.675
2007	83.227	681	13.598	4.282	8.087	2.771	1.220	2.116	2.777	9.885
2008	84.782	694	13.852	4.362	8.238	2.823	1.242	2.156	2.829	10.069
2009	86.603	708	14.149	4.456	8.415	2.883	1.269	2.202	2.890	10.286
2010	88.206	722	14.411	4.538	8.571	2.937	1.293	2.243	2.944	10.476
2011	90.080	737	14.717	4.635	8.753	2.999	1.320	2.290	3.006	10.699
2012	91.984	752	15.028	4.733	8.938	3.062	1.348	2.339	3.070	10.925
2013	93.833	768	15.331	4.828	9.118	3.124	1.375	2.386	3.131	11.144
2014	95.719	783	15.639	4.925	9.301	3.187	1.403	2.434	3.194	11.368
2015	97.642	799	15.953	5.024	9.488	3.251	1.431	2.483	3.259	11.597
2016	99.605	815	16.274	5.125	9.679	3.316	1.460	2.533	3.324	11.830
2017	101.608	831	16.601	5.228	9.873	3.383	1.489	2.584	3.391	12.068
2018	103.725	848	16.947	5.337	10.079	3.453	1.520	2.637	3.462	12.319

Fuente: [Elaboración propia]



Es importante señalar que esta proyección es de carácter referencial, ya que es muy probable que los porcentajes de generación de cada compuesto con respecto del total de residuos generados puede variar si se considera que la población está avanzando en cuanto a la educación ambiental se refiere, lo que conlleva a pensar que los flujos de materiales reciclables eventualmente pueden aumentar.

## 6 Análisis de la cadena de reciclaje de RSU en Chile

En el presente capítulo se estudian todos los aspectos relativos a la recuperación de desechos desde los RSU, pasando por los agentes que interactúan en la cadena de recuperación hasta las principales características del mercado de reciclaje en el país. También se presenta un análisis de la planta de recuperación desde el punto de vista estratégico (Fuerzas de Michael Porter y Análisis FODA). Finalmente se detalla el comportamiento de los mercados para cada tipo de material que eventualmente se pueden recuperar en las instalaciones.

### 6.1 Agentes que intervienen en la cadena

Dentro de la cadena de eliminación de RSU interactúan diferentes agentes, los cuales a su vez realizan distintas funciones sobre los desperdicios que se generan en casas, oficinas y en la urbe en general. Es así como algunos cumplen el papel de generadores de desechos, otros de recolectores y transportadores de ellos, otros que recuperan materiales para ser reciclados y, por último, empresas que reciclan dichos residuos.

De modo de definir claramente a todos los agentes de cada grupo, cada uno de estos últimos tendrá subgrupos de agentes dependiendo del tipo de material en que ellos se especializan. Esto se presenta en el anexo 6 y, además, los datos de las diferentes empresas analizadas en este capítulo se muestran en el anexo 7.

#### 6.1.1 Productores de RSU

Los habitantes de las ciudades a cada momento están generando desperdicios a través de envoltorios, filtros de cigarrillos, boletas de compras, preparación de alimentos, etc. La generación de basura que es efectuada por ellos ahonda en todos los tipos de materiales, siendo por esto, residuos muy heterogéneos. Sin embargo, existen agentes que generan desperdicios muy homogéneos y que fácilmente se pueden encasillar según el tipo de material de sus desechos<sup>4</sup>.

### **6.1.2 Sistemas de recolección**

Para la recolección de algunos tipos de materiales para su reutilización se utilizan contenedores diferenciados ubicados en lugares estratégicos de las ciudades más importantes del país. Con esto se recolectan elementos en forma gratuita, es decir, sin pagarles a las personas que depositaron en los contenedores los elementos requeridos. Además, algunas empresas concesionarias del retiro de los RSU de las ciudades también usan sistemas de recolección basados en contenedores ubicados en las aceras de las calles.

### **6.1.3 Empresas recuperadoras de residuos reciclables**

En este grupo se encuentran las empresas que pagan tanto a empresas u oficinas como a personas por cantidades de materiales factibles de reciclar. Ellas pueden reunir grandes cantidades de dichos elementos y venderlo a las empresas que reciclan los materiales o reciclarlos ellos mismos y vender materia prima para los procesos productivos.

---

<sup>4</sup> Información más detallada se presenta en el Anexo 6

### **6.1.4 Empresas recicladoras**

Este conjunto de empresas utiliza en parte o en la totalidad de sus procesos material recuperado desde los RSU. Ellas reciclan lo recuperado y lo utilizan como materia prima para sus procesos productivos. Mayor de detalle de esta y las demás clasificaciones se pueden encontrar en el Anexo 6 del presente estudio.

## **6.2 Características del reciclaje en Chile**

La idea de reciclar, aunque no es nueva, lleva sólo pocos años practicándose en nuestro país. Si bien, muchos de los materiales son factibles técnicamente de reciclar, no todos gozan de la factibilidad económica del proceso de reciclaje, esto porque los procesos de recolección y reciclado son costosos, los materiales tienen que llegar casi sin uso, la materia prima virgen es muy barata o no existen mercados confiables para el material recuperado. Por estos motivos es que mercados como los de aluminio, papel, cartón y vidrio se han desarrollado de forma avanzada mientras que otros como los de metales férreos, residuos de construcción y demolición, plásticos y residuos orgánicos no han logrado niveles altos de desarrollo.

### **6.2.1 Elasticidad precio del reciclo**

Como todo producto, el reciclo se ve afectado ya sea positiva como negativamente por cambios en el mercado, nuevas tecnologías, variaciones en las tendencias, surgimiento de nuevos productos, períodos de recesión, legislación, niveles de cesantía, entre muchos factores más. A continuación se analiza algunos de estos factores:

**Productos sustitutos:** Al actuar los elementos recuperados como materia prima se convierten en un producto sustituto de la materia prima virgen, lo que conlleva a que un cambio en una de ellas tiene repercusiones en la otra. Si el precio del material reciclado es más bajo que el de la materia prima virgen, atraerá a los productores hacia él, lo que repercutirá en los proveedores de materia prima virgen y en el valor de su producto. A su vez, si estos últimos comienzan a bajar sus precios hasta quedar por debajo del nivel del material reciclado, traerá como consecuencia cambios en la función de demanda de éstos.

Otro factor importante que se refiere a los productos sustitutos es la accesibilidad. Si bien el acceso a materias primas vírgenes es bueno en Chile, favorecido por una amplia gama de recursos naturales, lo que le da una ventaja sobre el material reciclado, éste podría mejorar su accesibilidad de modo de poder competir de mejor forma con la materia prima virgen. Esta mejora traería consigo un aumento de las cantidades demandadas de material reciclado influenciando con ello el precio de ambos productos.

**Legislación:** No existiendo en estos momentos una legislación que obligue a las municipalidades chilenas a desviar (reciclaje, obtención de energía por incineración, etc.) algún porcentaje de los RSU que se generen en su comuna, como ocurre en países como EEUU o Alemania, el negocio del reciclaje no es muy atractivo para ellas. Un cambio en la legislación chilena causaría efectos positivos en el reciclaje ya que el mercado se activaría con una mayor cantidad de oferentes y demandantes, aumentando las cantidades demandadas de los productos y disminuyendo los precios por efecto de las economías de escala.

**Tendencias:** Cada día las personas son más concientes de los peligros que trae descuidar el medio ambiente y se sensibiliza en temas como la contaminación, deforestación, mal uso de recursos naturales, etc. Estos cambio de mentalidad pueden llegar a producir cambios en las tendencias de compra y hábitos de consumo, donde las personas preferirán productos, artículos y servicios que apoyen al cuidado del

medio ambiente, es decir, que utilicen material reciclado, que sean lo menos contaminantes, que se puedan recuperar, entre otros aspectos. Este es lo denominado "*Marketing Verde*", el cual puede incentivar a las empresas a cambiar sus estrategias de producción.

**Impuestos:** Cuando el gobierno quiere incentivar el accionar o el desarrollo de alguna industria puede decretar beneficios tributarios a las empresas pertenecientes a ella. Esta acción hace más atractivos a los negocios de ese rubro, aumentando las empresas interesadas en participar en dicha industria.

**Tecnologías:** Descubrimientos o avances tecnológicos pueden afectar positivamente al reciclaje, ya que pueden mejorar los procesos de recuperación (separación, limpieza, etc.) y reciclado, aumentando de esta forma la eficiencia de ellos como la calidad del producto, por ejemplo.

**Productos nuevos:** El surgimiento de productos nuevos puede afectar negativa como positivamente a la industria de reciclado. Esto porque si los nuevos productos requieren sólo materias primas vírgenes, harán perder terreno al material reciclado. En cambio, si el producto que se creó facilita el reciclaje ya sea por los materiales que utiliza, el diseño que tiene o la forma de usarlo, la industria tendrá más oportunidades y facilidades para recuperar materiales reciclables.

**Normas de calidad ISO:** Con los tratados de libre comercio firmados por Chile, surge para los productos exportables chilenos nuevos clientes. Éste, llamado cliente ético, se preocupa de comprar productos que hayan sido fabricados en un acorde trato con el medio ambiente y los trabajadores. Debido a esto productos en que se utiliza material reciclado o que son factibles de reciclar tienen ventajas en estos nuevos mercados. Estos hechos conllevan efectos positivos para el reciclaje.

**Cesantía:** En épocas de altos niveles de desempleo las personas, en el afán de poder conseguir el dinero para subsistir, pueden comenzar a recuperar materiales de los RSU para con su venta obtener ingresos. Es así como surgieron los cartoneros que se dan a la tarea de revisar los contenedores en los que se depositan los residuos de las viviendas de la ciudad. Los cachureros son otro ejemplo de lo anterior. Ellos,

viviendo cerca de los vertederos, los recorren día a día buscando materiales que se puedan vender. Las instalaciones de recuperación de materiales, aunque pueden llegar a ser completamente automatizadas, por lo general sus procesos son manuales lo que requiere gran cantidad de personas trabajando. La creación de estas instalaciones puede beneficiarse de políticas de acción contra la cesantía.

**Valor de la energía:** Todas las empresas productivas usan algún tipo de energía para impulsar sus procesos productivos. Ya sea a través de electricidad suministrada por alguna empresa de distribución o por co-generación (propiedad de la empresa), carbón, petróleo, gas, etc. La energía cuesta dinero y se debe usar la que pueda proporcionar los requerimientos necesarios para las faenas productivas, que sea accesible y, por su puesto, al menor costo posible. Por este motivo el valor y accesibilidad de la energía es un punto que puede afectar el consumo de material reciclado. Esto debido a que en muchos casos la utilización de material recuperado para crear nuevos productos genera una demanda de energía más pequeña. Por ejemplo, fabricar una lata de aluminio para bebidas usando latas recuperadas se completa con un gasto energético de un 5 % del consumo de energía que se tendría al crearla de materiales vírgenes; hacer una lata de acero con material reciclado conlleva un ahorro energético de un 75 % respecto a hacer la misma tarea con materia prima virgen; producir botellas de vidrio tiene un gasto de energía menor si se hace desde vidrio recuperado que desde los minerales que lo componen. Todos estos ejemplos se fundamentan en el hecho de que fundir los minerales vírgenes requiere mayores temperaturas, por consiguiente mayor consumo energético, que fundir los productos recuperados como vidrio, aluminio y acero.

### 6.2.2 Comparación entre materia prima virgen y reciclada

En Chile las organizaciones que recuperan materiales de los RSU son en su mayoría privadas. Más aún, las que utilizan el material reciclado en sus procesos productivos son en

su totalidad empresas privadas. Por esto es que no se logró reunir información cuantitativa sobre los costos que tienen ellas al usar materias primas vírgenes o utilizar materia prima reciclada, ya que esto sería compartir información estratégica valiosa que puede ser usada por su competencia directa.

Para tener una idea de las diferencias existentes en la utilización de material reciclado y virgen compararemos éstas por el nivel de materiales necesarios para fabricar los productos finales. Sólo en unos pocos casos se agregará información cuantitativa de los precios basados en casos reales ocurridos en la década pasada en los EEUU.

**Latas de aluminio:** Como se ha mencionado, separar estos elementos desde los RSU es fácil por lo que las empresas pueden acceder a latas recuperadas de modo sencillo y en grandes cantidades. La gran diferencia que existe entre utilizar materia prima virgen (bauxita) y latas recuperadas es el gasto energético. Como la primera viene como mineral, se debe fundir y limpiar sus escorias para transformarlo en aluminio, en cambio las segundas ya lo son por lo que sólo se deben fundir y volver a moldear. Al ser el nivel de temperatura requerido para fundir la bauxita muy alto en comparación al necesario para llevar a cabo la misma acción en el aluminio recuperado, crear nuevas latas a partir de las recolectadas genera un ahorro energético de un 95 % en el proceso productivo, es decir, la energía usada para producir una cantidad determinada de latas utilizando el aluminio recuperado consume sólo un 5 % de la energía que se gastaría al realizar la misma cantidad de latas pero usando materia prima virgen. En la tabla 6.1 se muestra una comparación entre los requerimientos de materia prima e insumos que se requieren para fabricar desde material virgen y desde material reciclado.

**Plásticos tipo PET:** Aunque en Chile no han existido muchas experiencias en el reciclaje de este tipo de polietileno, en otras partes del mundo su recuperación y reutilización está mucho más avanzada. En EEUU por ejemplo, se recicla este tipo de plástico con una pureza de 99,9 %. Para obtener las características necesarias del plástico con respecto al producto final, se mezclan materiales reciclados con vírgenes. En ese país, si la botella usada tiene un valor de 13 centavos de dólar (alrededor de



\$100) al ser comprada por la empresa que la reciclará, el precio de venta como materia prima del PET reciclado será aproximadamente la mitad del valor que tiene el PET virgen.

**Vidrio:** Como sus componentes principales (arena silícea blanca, sosa y caliza) y secundarias (cenizas vitrificadas, sulfato de sodio, entre otros) son abundantes y de fácil acceso para los productores se pensaría que reciclar vidrio no es factiblemente económico, no obstante el reciclado de vidrio tiene sus ventajas. La gran diferencia que existe entre usar materia prima virgen o reciclada es el ahorro energético ya que el vidrio se funde a menor temperatura que la que se requiere para fundir la materia prima virgen, con lo que se reduce el consumo de combustibles y, como consecuencia de la utilización de hornos a temperaturas menores a las que se usan con los componentes minerales se obtienen ahorros en su operación. Además, como los materiales para hacer el vidrio son inertes, 1 kilogramo de vidrio recuperado genera 1 kilogramo de vidrio reciclado, mientras que para crear 1 kilogramo de vidrio desde materia prima virgen se requiere aproximadamente 1,1 kilogramos de esta última. En la tabla 6.1 se muestra una comparación entre los requerimientos de materia prima e insumos que se requieren para fabricar desde material virgen y desde material reciclado.

**Papel:** las empresas que utilizan papel reciclado lo hacen porque éste tiene una ventaja de costos sobre la materia prima virgen del papel, es decir, la celulosa de la madera. Esta ventaja es el rendimiento que tiene el papel viejo (recuperado), el cual es del orden del 90 %, mientras que el de la celulosa sólo alcanza un 50 %. En la tabla 6.1 se muestra una comparación entre los requerimientos de materia prima e insumos que se requieren para fabricar desde material virgen y desde material reciclado.

**Tabla 6.1** - Comparación entre materia prima virgen y reciclada.

Material	Vidrio		Papel		Aluminio	
Estado	Nuevo	Reciclado	Nuevo	Reciclado	Nuevo	Reciclado

<b>Materia prima 1</b>	603 Kg de arena	0	17 árboles	0	5.000 Kg. de bauxita	0
<b>Materia prima 2</b>	196 Kg de cloruro de potasio	0	-	-	-	-
<b>Materia prima 3</b>	196 Kg de caliza	0	-	-	-	-
<b>Materia prima 4</b>	68 Kg de feldespatos	0	-	-	-	-
<b>Agua</b>	-	50 % ahorro	440 litros	62 litros	-	-
<b>Kilowatts</b>	4.400	3.080	7.600	2.850	17.600	750
<b>Petróleo</b>	-	-	-	-	4 a 6 toneladas	muy poco
<b>Contaminantes atmosféricos</b>	18 kilogramos	14 kilos	42 Kg.	4 Kg.	-	-
<b>Desechos sólidos</b>	-	-	88 Kg.	-	-	-

Fuente: [CONAMA02]

**Latas de hojalata:** Estos elementos hechos de acero son fáciles de separar ya que, al ser metales, se puede utilizar métodos de separación magnética. Si se compara el acero reciclado con el acero primario (hecho de componentes vírgenes) se puede decir que por cada tonelada de latas de acero recicladas se ahorran 1.134 Kg. de mineral de hierro, 453 Kg. de carbón y 18 Kg. de caliza, lo que significa una mejor

preservación de los recursos naturales. Respecto al gasto energético, trabajar con latas de hojalata recuperadas ahorra un 75 % de la energía que se consume al realizar la labor con materias vírgenes.

**Plásticos:** Aunque se puede reciclar todos los tipos de plásticos, no todos tienen beneficios sobre el trabajo con plástico nuevo. Así como el PEAD puede ser reciclado con un grado de pureza cercano al 99 %, otros pierden sus cualidades en el proceso por lo que se deben combinar para obtener el producto requerido. Esto hace que el manejo de algunos tipos de plásticos reciclados sea desventajoso frente a la creación de plástico nuevo. Otro factor negativo es que el plástico se va deteriorando en el tiempo y mientras más veces se recicla, el producto final va perdiendo calidad, lo que implica que tarde o temprano el plástico deberá ser desechado sin posibilidad de recuperarlo y llegará a un relleno sanitario o a una planta de incineración.

**Neumáticos:** Crear neumáticos nuevos es fácil y atractivo para las compañías debido a la accesibilidad que se tiene para obtener las materias primas necesarias. Por otro lado, al reciclar el caucho (materia prima) pierde muchas de sus propiedades lo que produce que su recuperación para ese objetivo no sea beneficioso. Sin embargo, el panorama cambia si los neumáticos recuperados son usados como combustible. En EEUU esta realidad es patente. Si una empresa que utiliza carbón como combustible (asumiendo un valor de 1,55 dólares/millón de kilo joule, es decir, aproximadamente \$1.050/ millón de kilo joule) decide cambiar y comienza a ocupar neumáticos como combustible, ahorrará aproximadamente medio dólar por millón de kilo joule. Este negocio pasa a ser más atractivo si la empresa estatal o controlada por la municipalidad, debido a que, a parte del ahorro, en comparación con el carbón, se debe aumentar los beneficios que trae no enviar estos materiales pesados y voluminosos al vertedero de la ciudad.

## 6.3 Análisis estratégico de una planta de transferencia

Una planta de transferencia que recupere materiales pertenece a la industria del reciclado. Como tal, se puede estudiar la composición de esta industria utilizando la teoría denominada "Las 5 Fuerzas de Porter", es decir, analizando el poder de negociación de los proveedores, los productos sustitutos, el poder de negociación de los clientes, la competencia y la amenaza de nuevos entrantes a esta industria. Posteriormente se estudiarán las barreras de entrada de este mercado para finalizar con un análisis FODA de una estación de transferencia.

### 6.3.1 Análisis de fuerzas de Michael Porter

**Proveedores:** Los principales proveedores de la planta de transferencia serán los habitantes de Viña del Mar. Este hecho implica un punto de interés ya que la motivación de ellos va a influir directamente en las operaciones de la planta. Sea cual sea la modalidad de separación a utilizar (*in situ*, *ex situ*, mixta) los habitantes de esta ciudad serán los encargados de entregar su basura, la cual es la materia prima de la planta de transferencia. El poder de negociación de los proveedores, por lo tanto, es alto debido a que ellos no tienen nada en juego, de todos modos van a entregar la basura a los camiones recolectores y la forma en que lo hagan (seleccionada, junta, semiseparada, etc.) es lo importante. Pueden exigir un valor alto de motivación a cambio de entregar seleccionados los desperdicios y las motivaciones se podrían traducir en cuotas de aseo más bajas, entrega de algún beneficio por participar en el programa, aumento de frecuencia de recogida de basura, entre otras.

Si la empresa propietaria de la estación de transferencia logra concientizar a los habitantes de la zona y proyectar una imagen corporativa acorde con valores ecológicos va a lograr la participación de las personas y la motivación de ellos, pero traerá consigo costos por llevar

a cabo la campaña de concientización, siendo dicha campaña realizada sólo al inicio de la operaciones o periódica en el tiempo. Todo esto debido a que, como los proveedores tienen un alto poder de negociación, se debe tratar de mantener lo mejor posible el trato con ellos, su motivación e incentivar su participación.

**Clientes:** El poder de negociación de los clientes en este mercado es grande debido a que para reciclar se requiere maquinaria especial, las cuales no todas las empresas se encuentran en condiciones de adquirir, por lo que sólo algunas de ellas pueden ingresar a sus líneas de producción materia prima reciclada. Un ejemplo de esto se encuentra en los mercados de papel y cartón, donde unas pocas empresas tienen las máquinas necesarias para transformar el papel recuperado a pulpa para luego ingresarlo como materia prima reciclada a sus fábricas. Además, por legislación, aspectos técnicos y dificultades para separar los residuos, todavía el reciclado es costoso (en la mayoría de los materiales) por lo que los clientes pueden perfectamente dejar de utilizar material recuperado o reciclado y seguir usando materias primas vírgenes.

Lo anterior podría cambiar en el futuro si se empieza a enviar material reciclado o recuperado al extranjero como materia prima. Otros países exportan elementos recuperados, como por ejemplo EEUU, que exporta chatarra y papel hacia los mercados de Asia. Chile, al ser primordialmente exportador de materias primas, puede abrir esta posibilidad a las empresas recolectoras del país, generando así mayores posibilidades de comercializar materias recuperadas, disminuyendo el poder de negociación de los clientes nacionales.

**Productos sustitutos:** El material reciclado es un competidor directo de la materia prima virgen, por consiguiente, esta última es su producto sustituto. Si se quiere aprovechar el potencial energético de los RSU como en el caso de la incineración de neumáticos y plásticos, así como la producción de biogás en rellenos sanitarios y en plantas de compostaje, sus productos sustitutos serían el carbón, los combustibles y el gas natural importado desde Argentina.

En el primer caso, es decir, que se reciclen los residuos para usarlos como materia prima, en algunos casos los materiales vírgenes tienen grandes ventajas como por ejemplo el caucho, las latas de hojalata y algunos plásticos, debido a que es necesario procesos complejos y costosos para reciclar dichos elementos o su combinación con materia prima virgen para que alcance los requerimientos necesarios para el producto. En otros, la ventaja la tienen los materiales reciclados ya que utilizan menor cantidad de insumos y energía, además de tener un fácil acceso a dichos elementos y procesos de producción simples. Este es el caso del aluminio, el vidrio y el papel.

Para el segundo caso, los niveles de producción de biogás no son muy altos, por lo que, por lo general, es usado para el consumo energético de la propia empresa o simplemente quemado. En el caso de la incineración, aunque el poder calorífico de algunos materiales es alto, la incineración de ellos trae consecuencias colaterales como es la contaminación del aire, por lo que usar carbón puede resultar más conveniente, no porque éste no contribuya a la polución del aire sino porque los efectos de este combustible son conocidos y es más fácil preparar medidas para controlar esos niveles de contaminación a través de filtros en chimeneas, tratamiento de gases, etc.

**Empresas potenciales en el mercado:** La preocupación por las posibles entradas a la industria de empresas, que se habían mantenido al margen hasta este momento en este mercado, es de mediana importancia. Aunque en Chile existen 2 plantas de transferencia, ambas ubicadas en Santiago, ya existen proyectos en otras partes del país como es el caso de la VIII Región y el caso de la comuna de Viña del Mar que está en proceso de licitación la disposición final de sus RSU. No obstante, plantas de este tipo requieren de grandes inversiones, con vida útil de los proyectos de al menos 15 años lo que hace que no sea una industria de fácil acceso. El negocio de este tipo de instalaciones es la disminución de viajes de los camiones recolectores que extraen los RSU (en el contexto general), por lo que para que sea beneficiosa la estación debe

estar cerca de un núcleo de ciudades de importante tamaño, con lo cual tendrá posibilidades de aprovechar al máximo sus capacidades. Sectores favorables para la instalación de este tipo de plantas son la Región Metropolitana, la V y la VIII Región. Esto hace pensar que es difícil que se instalen nuevas estaciones en el corto plazo ya que en Santiago existen dos y en la VIII Región está en análisis un proyecto de ese tipo. Es imposible, para el caso de Chile, que existan en una misma ciudad dos estaciones de transferencia debido al alto costo fijo y el saturamiento del mercado que se produciría. Incluso es difícil imaginar que estaciones de este tipo se encuentren en ciudades adyacentes, lo que trae como consecuencia que la preocupación por la posible entrada de nuevos competidores sea baja por la existencia de barreras de entrada producto de altos costos fijos y de nivel de clientes (beneficios y tamaño de los mercados). El enfoque del estudio de esta fuerza, por consiguiente, debiera ir en función de las posibles empresas que aminorarían las posibilidades de crecimiento de la planta del proyecto analizado al instalarse antes en núcleos de ciudades factibles para la utilización de estaciones de transferencia en el país.

**Competencia:** En la industria de manejo de RSU la mayor competencia se produce en el proceso de extracción de éstos y en el de disposición final. Respecto al primero la planta de transferencia no entra en acción ya que la licitación se hace teniendo en cuenta que los camiones recolectores tendrán que llegar hasta la estación de transferencia o hasta el relleno sanitario.

En el segundo es en el que existe una gran competencia cuando se abre una propuesta pública. A las empresas dueñas de vertederos y rellenos sanitarios no les conviene que exista en la ciudad una planta de transferencia, ya que ésta, a través de la recuperación de material, disminuye las toneladas de residuos que entran a la disposición final por lo que bajarían sus ingresos y aumentaría la vida útil del relleno, lo que atrasaría la siguiente licitación de la disposición final de la comuna. Sin embargo, si ambas instalaciones son de la misma empresa (como el caso de la estación de transferencia de Quilicura y el relleno sanitario Lomas Los Colorados), traería para ella grandes beneficios ya que su relleno

aumentaría la vida útil y la empresa, al cobrar por las toneladas que ingresan a la planta y no a la disposición final, aumenta sus ingresos a través de lo que recupera en la estación.

Dentro de los competidores de este mercado se encuentran los vertederos, rellenos sanitarios y plantas de transferencia que se encuentran a distancias no más lejanas que 200 kilómetros.

**Barreras de entradas al mercado:** Las barreras de entrada son circunstancias que hacen atractiva o no la entrada de competidores a una industria específica. Estas pueden ser tecnológicas, de marketing, tamaño del mercado, costos, etc.

En el caso de la planta de transferencia, ésta está inmersa en la industria de la disposición final de los RSU. Aunque los desechos de una comuna se llevan sólo a un lugar de disposición final, éstos pueden competir por licitaciones de comunas cercanas a las que sirven. Es por esto que rellenos sanitarios y plantas de transferencia pueden recibir los desperdicios de más de una comuna (relleno sanitario Lomas Los Colorados recibe los RSU de las comunas de La Florida, Maipú, Santiago, La Pintana, Providencia y Vitacura que son previamente recibidos y comprimidos en la estación de transferencia de Quilicura). Los diseños de estos tipos de instalaciones, por consiguiente, se piensan para tener la capacidad de manejo no sólo de una comuna sino que de varias de ellas, dependiendo de la planificación estratégica de la empresa. Este hecho unido con los requerimientos técnicos y tecnológicos que necesita una estación de transferencia, o sea, cintas transportadoras, silos de compresión, móviles para manejo de materiales, grúas hidráulicas, plazas de pesaje, camiones de varios ejes, etc.; o un relleno sanitario, es decir, impermeabilización del suelo del relleno, formación de celdas, móviles para movimientos de tierra, sistemas de evacuación de líquidos lixiviados, chimeneas y quemadores de gases, plazas de pesaje, etc., hacen que los costos fijos sean muy altos y la vida útil del proyecto sea larga (sobre los 15



años) de modo que estos factores producen una barrera de entrada asociada a los costos de inversión.

Por lo explicado anteriormente se desprende otra barrera de entrada, el nivel de clientes del mercado. Si existe en un lugar (nicho de mercado) una planta de transferencia, es muy infactible que se instale en un lugar cercano otra planta de este tipo. Esto debido a que al dividir el mercado en dos, los ingresos obtenidos por ambas estaciones no serían los suficientes para recuperar la inversión al finalizar la vida útil del proyecto. Por este motivo, si existe en un sector una planta de transferencia, el nivel de clientes del mercado será una barrera de entrada para otras empresas que verán que el mercado no soportaría otra empresa del mismo estilo. Sin embargo, los potenciales competidores si podrán ubicarse en nichos de mercado cercanos pero diferente al que se encuentra la planta existente y competir con ella por ciudades y comunas que se encuentren alejadas de la localización de la estación que atiende a ese nicho.

### 6.3.2 Análisis FODA

Este análisis nos permite estudiar los puntos importantes del proyecto en base a las fortalezas y oportunidades, tomando en cuenta también amenazas y debilidades que posee la planta de transferencia para enfrentarse al medio.

Fortalezas
------------

- El nivel de compresión que se puede alcanzar en una estación de transferencia no puede ser imitado por ningún tipo de camión recolector existente. Esta capacidad técnica permite optimizar los viajes de los camiones al relleno sanitario.
- En el caso de separación de residuos *ex situ*, es decir, en la estación de transferencia, al tener contratos con diferentes municipalidades se puede seleccionar la basura de mejor

contenido para reciclaje, lo cual es factible al tener la caracterización de los desperdicios de dicha ciudad, la estratificación social de los habitantes de ella y las rutas que recorrieron los camiones que van llegando a la planta.

- Factibilidad de aprovechar las economías de escala que existen en el negocio, permitiendo a la planta tener precios para la tonelada de residuos por debajo del precio promedio del mercado.

- Al trabajar para varias municipalidades se podrá coordinar la llegada de camiones de modo de tener un flujo constante de basura que alimente los mecanismos de separación de la planta. Incluso llegar a trabajar las 24 horas del día.

- Chile en el año 2002 importó alrededor de 50 mil toneladas de papel y cartones recuperados, lo cual muestra que la capacidad instalada de las fábricas chilenas poseen holguras, lo que permite que los niveles de reciclado de este material crezcan a cada año.

- La optimización de viajes de los camiones que parten a vertedero permite un ahorro sustancial respecto a otros modos de acarrear los RSU hasta la disposición final. Esto debido a que se puede acumular los residuos (existe un rango de tiempo según ley) hasta completar la capacidad del camión, de modo que siempre viaje con carga completa.

- Capacidad de almacenaje que aumente el poder de negociación frente a los clientes (negociar mayor tonelaje, proveedor continuo de materiales, etc.).

- La posibilidad de trabajar con RSU cerca de las grandes ciudades (en zonas industriales) le da ventaja a estas instalaciones sobre los rellenos sanitarios y vertederos.

- Al ser una empresa privada que trabaja en un recinto cerrado no permite la entrada a los denominado cachureros, impidiendo que personas sin las precauciones necesarias para manejar basura, accedan a ella y puedan contraer alguna enfermedad.

Oportunidades
---------------

- Aprovechar incentivos tributarios que ofrezca el gobierno a empresas emprendedoras en el ámbito ambiental.
- Concientizar a las personas de modo de realizar una separación *in situ* total o parcial, facilitando la labor de separación que se realiza en la planta.
- Nuevos diseños de envases (composición y formas) y productos de modo de maximizar sus posibilidades de reciclado.
- Entendimiento por parte de los empresarios de los beneficios del reciclado del plástico. Chile importa todo el plástico que requiere para los productos hechos en base a este material. El plástico reciclado sirve para fabricar los mismos productos pero se recomienda que sea mezclado con materia prima virgen.
- Aprovechar el *Marketing Verde* y las tendencias ambientales que están surgiendo en nuestro país.
- Formación de una buena imagen corporativa que influya positivamente en el pensamiento de municipios que liciten su disposición final y en la cual participe la planta de transferencia.
- Crecer e integrarse verticalmente reciclando los compuestos separados, con lo que se comercializaría materia prima reciclada y no sólo material recuperada.
- Asociaciones estratégicas con empresas dueñas de rellenos sanitarios o con flota de camiones recolectores para optimizar el proceso integrado.
- Un buen rendimiento e imagen de la planta frente al mercado nacional podría derivar en expandir el horizonte del negocio hacia las exportaciones.

Amenazas
----------

- Aparición de tecnologías nuevas más eficientes en la industria luego de estar funcionando la planta.
- Ingreso al mercado de empresas multinacionales con vasta experiencia en este tipo de negocio, aprovechando la educación ambiental entregada a la población por los primeros participantes de la industria.
- Aumento del valor de los residuos de modo que motive a las personas a reciclar ellas mismas.
- Puesta en marcha de la planta de tratamientos de aguas servidas La Farfana en Maipú, de propiedad de Aguas Andinas, la cual tratará el 50 % de las aguas de alcantarillado, produciendo lodos que se pueden utilizar en la fabricación de compostajes. La gran cantidad de lodos que se generen y que posteriormente se traten para producir compostajes coparía el mercado de este producto, bajando los precios y complicando la comercialización de él, lo que podría afectar a la comercialización de residuos orgánicos separados por la planta de transferencia. Esta instalación se inaugurará a finales de este año (2003).
- Mala gestión de algún agente de la cadena de reciclaje que ensucie la imagen del reciclado en Chile, desmotivando a la población para participar en programas de reciclaje o comprar productos con materia prima reciclada.
- Precios de las materias primas vírgenes bajen a niveles que imposibilite competir con ellos.
- Cambio en diseño y composición de materiales de productos que imposibilite o haga muy costoso el reciclaje de los productos.

Debilidades
-------------

- La dependencia que la estación de transferencia tiene de un relleno sanitario o vertedero para llevar el material rechazado en el proceso de separación y recuperación.

- Mercado del reciclaje es muy joven y sumergido aún, lo que implica bajos precios para el material recuperado y pocas alternativas de clientes nacionales en las fases de inicio.
- La dependencia que a las propuestas públicas de los diferentes municipios respecto a la localización de la planta, años de concesión del tratamiento de RSU y tarifas.
- Poca variedad de materiales recuperables en una primera etapa por falta de clientes.
- La dependencia que se tiene de la población para el buen funcionamiento de programas de separación *in situ*, tanto parcial como total.

Con este análisis estratégico se puede llegar a la conclusión parcial que una planta de transferencia ubicada en un nicho de mercado grande (ciudad de Viña del Mar) y con un mercado potencial extenso (Concón, Quilpué, Villa Alemana y Quintero) es una buena forma de manejar de mejor manera el tema de los RSU ya que la instalación de ella asegura su funcionamiento durante 15 años (vida útil del proyecto) con los niveles de generación de la ciudad de Viña del Mar. Si bien la estación planteada depende en gran medida de la actitud de los habitantes de la zona (tipo de separación de basura) y, aunque se hagan reales algunas de las "Amenazas" especificadas anteriormente, la planta puede adaptarse a los cambios externos o al fracaso de la Línea de Recuperación de materiales y transformarse en una planta de transferencia pura vendiendo los recursos usados en dicha línea ya que, salvo el mecanismo de recepción, todos tienen mercados secundarios, y evitando de este modo la paralización de las actividades. Este hecho hace al proyecto muy fuerte para enfrentar las incertidumbres del futuro y muy apto para adaptarse tanto a acontecimientos negativos (incumplimiento de separación de basura, precios bajos de materias primas vírgenes, disminución de mercados para materiales recuperados, entre otros) como a positivos (ingreso de basura de ciudades cercanas, aumento en la demanda de materiales recuperados, etc.).

## 6.4 Análisis de los mercados de recuperación de RSU

Como en todo negocio se debe proyectar una estimación del nivel de ventas que se tendrá, así como los mercados posibles tanto nacionales como internacionales.

Tanto la recolección de material como el reciclaje en Chile todavía están sumergidos, es decir, no es una industria como tal. La gran mayoría de los agentes que separan y recuperan materiales son personas independientes u organizaciones sin fines de lucro, que bajo los más simples métodos van acopiando cartones, vidrios, latas de aluminio y diarios. Por este motivo, datos claros y verídicos de esta industria no son posibles de obtener. Salvo en mercados de reciclados más desarrollados como es el caso del papel y cartón, las latas de aluminio y el vidrio, donde existen empresas consolidadas recuperando y reciclando dichos elementos se puede reunir datos con mayor exactitud.

El objetivo del estudio es llegar a desviar la mayor cantidad de toneladas de material factible de ser reciclado. En un comienzo sólo se debe partir recuperando los elementos más fáciles de reciclar, en otras palabras, papel, cartón, vidrio, plásticos, materia orgánica para que en una siguiente etapa se agregue el resto de materiales como neumáticos, latas de hojalatas, materiales de construcción, etc. Dichos materiales son más fáciles de separar y son los que actualmente poseen un mercado definido en nuestro país.

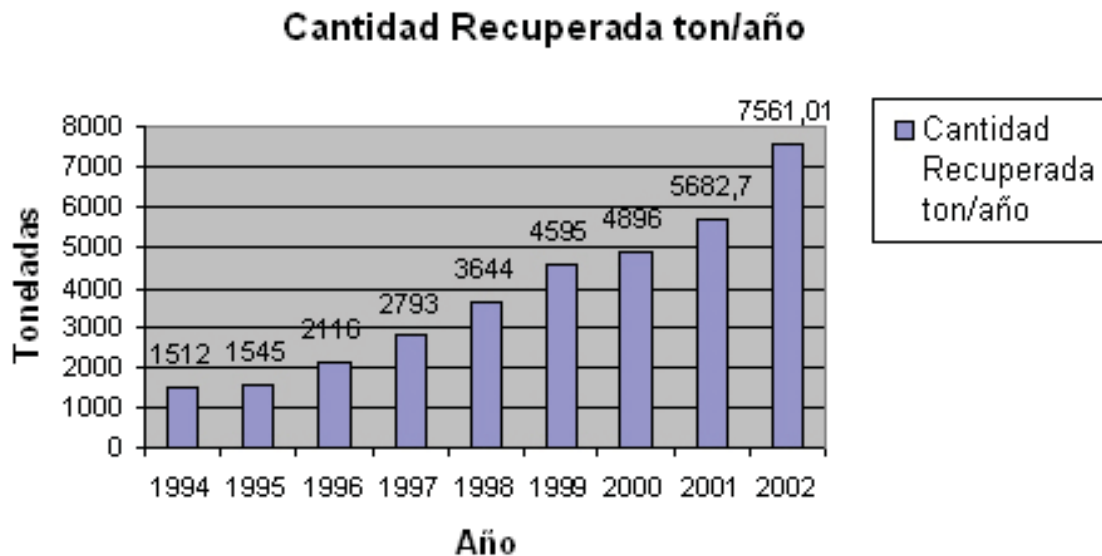
Por este hecho se realizará un análisis de la demanda de estos materiales como del comportamiento de su precio usando los siguientes valores: UF = \$16.939,29; y Dólar = \$702,72, ambos correspondientes al 23 de julio de 2003.

### 6.4.1 Mercado de recuperación de papel y cartón

Aunque el mercado de recuperación y reciclado de papel/cartón está un tanto desarrollado en nuestro país, datos sobre el comportamiento de la demanda en los años en que ha trabajado la empresa Sorepa S.A. en Viña del Mar no se han obtenido en este estudio debido a que son datos operacionales que las empresas no comparten con el público. No obstante, según Paul Arce, administrador zonal de dicha sucursal, la tasa de crecimiento anual respecto a la cantidad de papel/cartón recuperado es de 4 a 5 % anual.

Basándonos para la estimación de la demanda en los datos de la experiencia de Córdoba, España, (ver figura 6.1) debido a que esta ciudad, como se explicó en capítulos anteriores, es muy parecida a Viña del Mar tanto en el nivel de habitantes como por la cercanía de grandes mercados agrícolas, se usará en conjunto con dicha información las tasas de crecimiento proporcionadas por la empresa Sorepa S.A.

Figura 6.1 - Cantidad de papel/cartón recuperado para vender en Córdoba, España desde 1994.



En la experiencia de recuperación de materiales desde los RSU de Córdoba, España, los dos primeros años tuvo un comienzo lento pero al empezar el tercer período la tasa de crecimiento se elevó ostensiblemente debido a que la población terminó de concientizarse sobre los beneficios del reciclaje de la basura. Luego de tres años de mantener una elevada tasa de crecimiento, ésta terminó por disminuir su rango y comportarse en forma más aleatoria, esta información se muestra en la tabla 6.2, según análisis realizado por los autores de los datos de la experiencia en España.

**Tabla 6.2** - Tasa de crecimiento de la recuperación de papel/cartón en Córdoba, España, desde el año 1994.

Año	Tasa de crecimiento (% al año anterior)
1995	2,2
1996	37
1997	32
1998	30,5
1999	26,1
2000	6,6
2001	16,1
2002	33,1

Fuente: [Elaboración propia]



En el caso de Viña del Mar se espera una reacción del mismo tipo. Por ser similares ambas ciudades se utilizará, para estimar la demanda del primer año, los resultados del primer período de la experiencia de Córdoba, España, pero luego, en vez de considerar tasas de crecimiento desde el tercer al quinto año de 30 %, se estima una más bien del orden del 10 % ya que en Córdoba cuando se comenzó el programa no había ningún otro plan de reciclaje en la ciudad, en cambio en Viña del Mar existe la labor de los cartoneros, cachureros y de la empresa Sorepa S.A. sucursal Viña del Mar. Además, luego del período de crecimiento fuerte, en la ciudad se estima que se mantendrá constante el crecimiento (ver tabla 6.3) ya que, como se dijo anteriormente, existe en la región recuperación papel/cartón , pero en niveles bajos.

**Tabla 6.3** - Tasa de crecimiento de la recuperación de papel/cartón estimada para Viña del Mar desde el año 2004.

Año	Tasa de crecimiento (% al año anterior)
2005	2
2006	10
2007	10
2008	10
2009	4
2010	4
2011	4
2012	4
2013	4

2014	4
2015	4
2016	4
2017	4
2018	4

Fuente: [Elaboración propia]

Por consiguiente, la demanda estimada de papel/cartón recuperado para la comuna de Viña del Mar, con las tasas de crecimiento propuestas anteriormente es la que se presenta en la tabla 6.4 y en la figura 6.2.

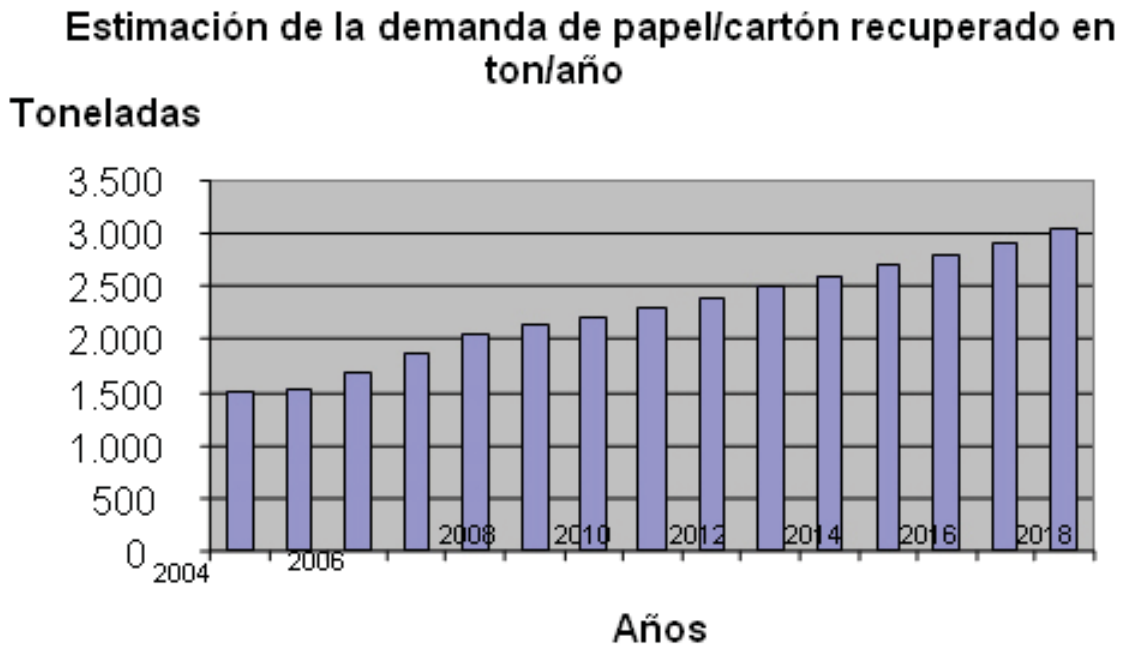
**Tabla 6.4** – Estimación de la demanda de papel/cartón recuperado

Año	ton/año
2004	1.512,00
2005	1.542,24
2006	1.696,46
2007	1.866,11
2008	2.052,72
2009	2.134,83
2010	2.220,22

2011	2.309,03
2012	2.401,39
2013	2.497,45
2014	2.597,35
2015	2.701,24
2016	2.809,29
2017	2.921,66
2018	3.038,53

Fuente: [Elaboración propia]

Figura 6.2 – Estimación de demanda de papel/cartón recuperado



Respecto al comportamiento del precio pagado por las recicladoras por el papel/cartón recuperado, éste tiene estacionalidad dentro del año. Mientras que en verano, por el aumento del consumo de papel (producción de cuadernos universitarios, afiches y panfletos promocionales, utilización de envoltorios, entre otros) el precio del papel/cartón recuperado sube ya que el de la celulosa corre la misma suerte, en invierno al disminuir la demanda por artículos que utilizan papel, el precio del material reciclado baja.

Para estimar los valores del papel/cartón recuperado, se debe estudiar el comportamiento futuro que tendrá el precio de la celulosa, materia prima virgen que se usa para crear papel y cartón.

En los últimos años el precio de la tonelada de celulosa ha estado entre los 500 y 600 dólares la tonelada, lo que indica un precio que varía según las condiciones del mercado, esto es el precio posee una variación de un 20%. Sin embargo, el mercado de la celulosa está sujeto al comportamiento de los precios y demandas mundiales del producto, por lo que se presenta una mayor dificultad definir valores exactos de este producto.

Se puede afirmar, no obstante lo anterior, que el comportamiento del precio del papel y cartón recuperado se mantenga dentro de valores definidos con una variación un poco más pequeña que en el caso de la celulosa, esto es del orden de un 10%. A lo anterior se suma información proporcionada por expertos en la cual se señala que actualmente se importa papel y cartón recuperado para completar los volúmenes de esta materia para fabricar papeles y cartones [Cerde03]. Esto indica que los precios no variarán fuertemente por la inyección de grandes nuevos volúmenes de material recuperado.

Por tanto, los precios y el rango de su variación de los principales papeles y cartón para la vida útil del proyecto se muestran en las figuras 6.3, 6.4 y 6.5.

Figura 6.3 - Comportamiento del precio de papel blanco para 15 años

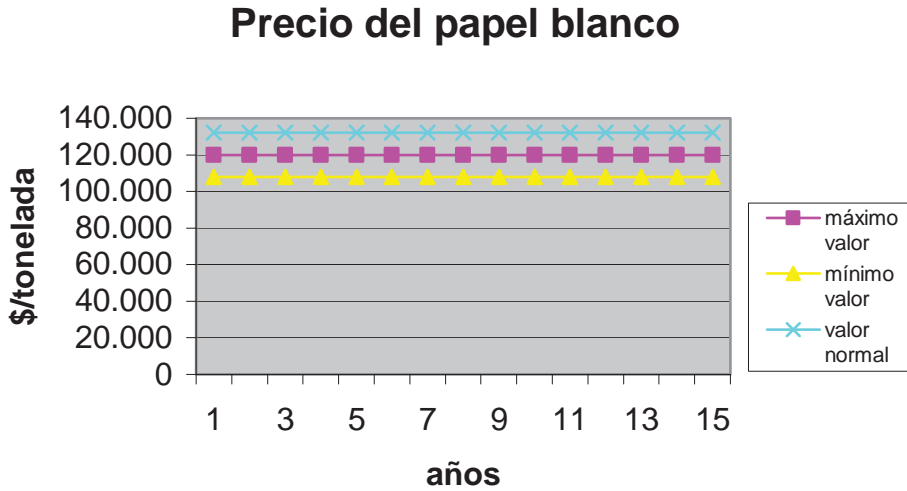


Figura 6.4 - Comportamiento del precio de papel de diario para 15 años

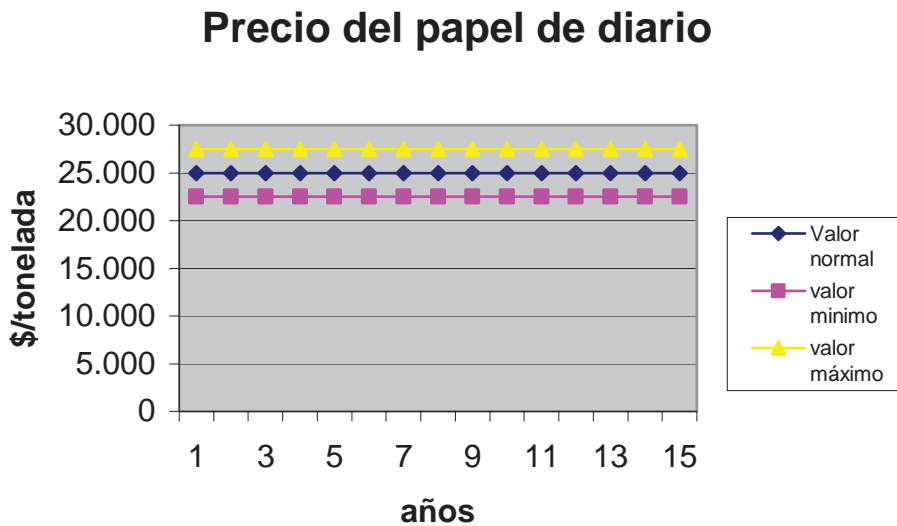
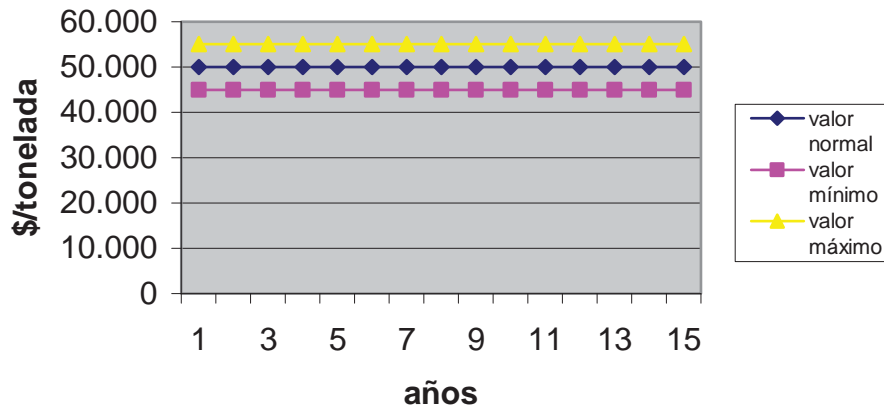


Figura 6.5 - Comportamiento del precio de cartón para 15 años

## Precio del cartón



### 6.4.2 Mercado de recuperación del vidrio

Este es otro mercado que está desarrollado considerablemente en el país. Por tal motivo existen algunos datos sobre el crecimiento que ha tenido la recuperación de envases de este material. Hay que acotar que, por los datos obtenidos por CONAMA y publicados en su revista "Residuos Sólidos Urbanos", la tendencia que ha tenido la recuperación de vidrio es al aumento.

A esto se debe agregar que las dos cristalerías mayores de Chile utilizan vidrio recuperado en sus funciones por lo que el mercado tiene diferentes opciones de venta. Mónica Marín, supervisora de reciclaje de Cristalerías de Chile, informó que las cristalerías tenían capacidad ilimitada de reciclar vidrio ya que solo requieren fundirlo, lo que hacen en los mismos hornos en que funden el mineral en bruto. Por tal motivo la demanda por este material no depende de la capacidad instalada de las empresas, sino de la capacidad de recuperación que tenga la planta, debido a que, al ser mucho más económico fundir vidrio

recuperado que la materia prima virgen, las cristalerías están interesadas en ocupar la mayor cantidad de material reciclado, lo que se refleja en el crecimiento que ha tenido a través de los años de campaña la recuperación de envases de vidrio por parte de esta empresa (ver figura 6.6).

**Figura 6.6** - Evolución del reciclaje de vidrio por parte de Cristalerías de Chile.

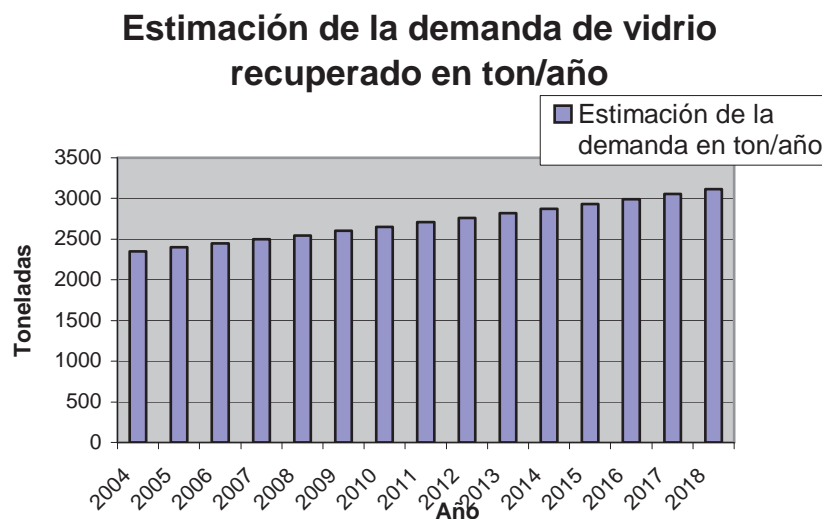


Fuente: [Cristalchile03]

Por tal motivo, la demanda estimada de este material a lo largo de la vida útil del proyecto es la capacidad que tenga la planta en recuperar el vidrio que se encuentre en los RSU, lo cual se calcula multiplicando la estimación de vidrio presente en la basura de Viña del Mar por un factor de riesgo o error, determinado como un 10 %. Este factor fue considerado

según información presente en la literatura especializada en la materia [Tchobanoglous94 & Lund96], basándose en pérdidas de vidrio por pulverización de los envases provocado por los golpes, comprimidos y tratos que recibe la basura en su trayecto a los lugares de separación lo que hace que algún material sea irrecuperable. Por lo expresado anteriormente la demanda estimada de vidrio recuperado es la mostrada en la figura 6.7 y tabla 6.5.

**Figura 6.7** - Estimación de la demanda de vidrio recuperado.



**Tabla 6.5** - Estimación de demanda del vidrio recuperado.

Año	ton/año
2004	2349,9
2005	2401,2
2006	2446,2



2007	2499,3
2008	2546,1
2009	2601
2010	2649,6
2011	2705,4
2012	2763
2013	2817,9
2014	2874,6
2015	2933,1
2016	2991,6
2017	3051,9
2018	3115,8

Fuente: [Elaboración propia]

Las cristalerías en Chile comenzaron su programa de reciclaje a partir del año 1995. Desde ese entonces han comprado a particulares y empresas pedazos de vidrios sobrantes de los procesos productivos como también envases de este material. Las campañas que tienen Cristalerías de Chile con Coaniquem, como Cristalerías Toro con CODEFF tienen un trato especial en lo que respecta al precio pagado por tonelada recuperada. Es por esto que el comportamiento del precio que dichas empresas le dan al material recuperado debe atenerse al movimiento que ha tenido este parámetro en el primer grupo nombrado.

Según la supervisora de reciclaje de Cristalerías de Chile S.A., los precios del material recuperado por particulares y empresas se han mantenido constante dentro de una franja de precios a lo largo de toda la campaña. Por tal afirmación se espera que éste se proyecte dentro de ese mismo rango para los próximos 15 años, debido sobre todo a que el vidrio es inelástico respecto a la cantidad de material recuperado. Esto se ve claramente al analizar la figura 6.8, ya que el precio del vidrio se ha mantenido dentro del mismo rango desde que partió la campaña de recolección, sin salirse de éste mientras cada año se recuperaba más y más toneladas. Por otro lado, como se explicó capítulos anteriores, no se requiere de nuevos procesos para reciclar y con esta actividad se ahorra considerable cantidad de energía. El precio del vidrio recuperado, por tanto, es sólo afectado por el precio de la materia prima virgen.

Por información de la misma empresa, el promedio que han tenido los precios del vidrio blanco, café y verde ha sido de 24, 23 y 22 [\$/kg] respectivamente. Estos se mueven dentro de un rango de 6 [\$/kg]. El comportamiento del precio del vidrio recuperado (de los tres colores) a lo largo de la vida útil del proyecto se muestra en las figuras 6.9, 6.10 y 6.11.

**Figura 6.8** - Comportamiento del precio del vidrio verde recuperado.

**Comportamiento promedio del precio del vidrio verde recuperado**

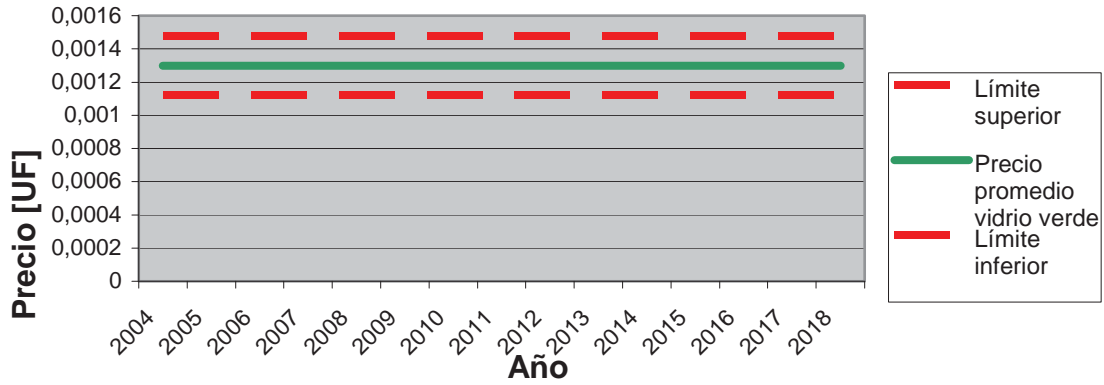


Figura 6.9 - Comportamiento del precio del vidrio café recuperado.

**Comportamiento promedio del precio del vidrio café recuperado**

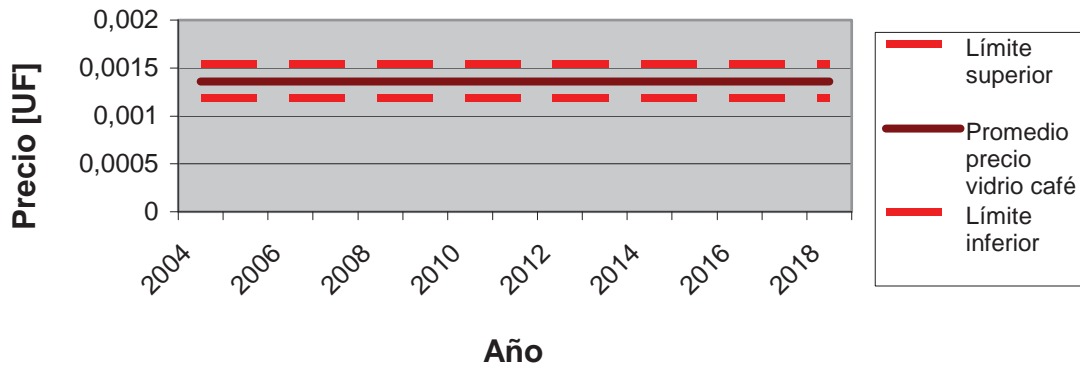
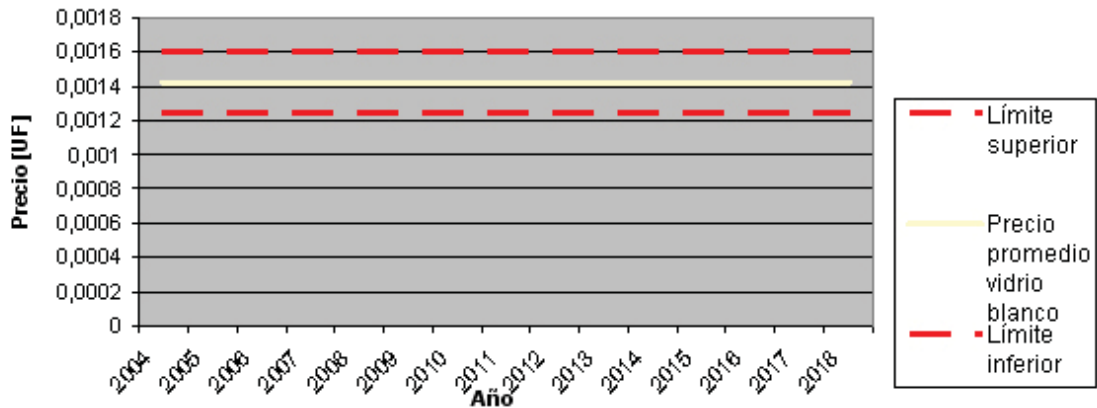


Figura 6.10 - Comportamiento del precio del vidrio blanco recuperado.

### Comportamiento promedio del precio del vidrio blanco recuperado



#### 6.4.3 Mercado de recuperación de residuos de aluminio

El mercado de latas de aluminio recuperadas es uno de los mercados más grandes del ámbito en el país. Como en el caso del vidrio, la tendencia de recolección de latas de aluminio según la revista “Residuos Sólidos Urbanos” de la CONAMA es al aumento.

Latasa Chile S.A. es la empresa más importante en el rubro de las latas de aluminio y que tiene, a su vez, su propia campaña de reciclaje. Fernando Hernández, gerente de reciclaje de dicha empresa, sostuvo “...nuestra empresa tiene capacidad infinita para reciclar latas de aluminio, todas ellas son enviadas a la fundición existente en Brasil...” [Hernández03]. Por tal motivo, como ocurre con el caso del vidrio, la demanda de latas recuperadas va a depender directamente de la capacidad de separación de dicho producto por parte de la planta de transferencia. Aunque esta compañía no es la única que produce latas de este material, si es un ejemplo del modo de actuar de la industria, lo que permite asegurar un mercado estable para las latas recuperadas.

La estimación de la demanda, por lo tanto, será calculada multiplicando la estimación de latas de aluminio presentes en los RSU de Viña del Mar por un factor de riesgo o error. Este factor será de un 3 % ya que, según expertos en la materia, es fácil separar las latas de aluminio utilizando medios magnéticos (toda lata tiene un anillo de acero en la parte superior por acuerdos internacionales de fabricación) y éstas no se desintegran como otros materiales.

En la caracterización de la basura de Viña del Mar, las latas de aluminio se encuentran inmersas en el tópico “metales”. Este conjunto de elementos incluye principalmente latas de hojalata (tarros de conserva) y de aluminio. La proporción de ellos dentro del total de metales encontrados en los residuos sólidos urbanos, según los investigadores que llevaron a cabo la caracterización, es de 30 a 35 % de latas de aluminio y un 55 a 60 % de tarros de hojalata. La cantidad pronosticada de latas de aluminio se presenta en la tabla 6.6 y figura 6.11, donde se usó para el cálculo el escenario más negativo, es decir, una presencia de un 30 % de latas de aluminio en el tópico “metales” de los RSU y el factor de error o riesgo descrito anteriormente.

**Tabla 6.6** - Estimación de demanda de latas de aluminio recuperadas.

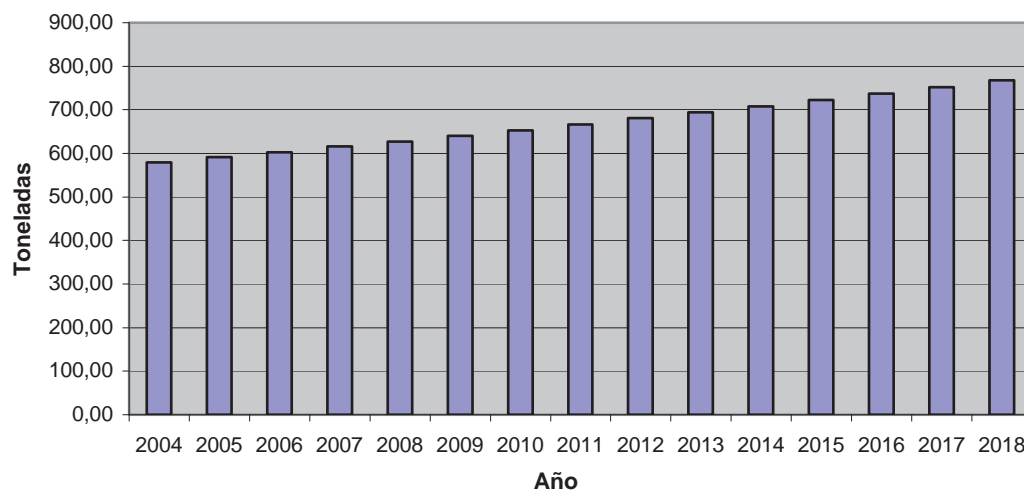
Año	ton/año
2004	578,80
2005	591,60
2006	602,66
2007	615,76
2008	627,40
2009	640,78

2010	652,71
2011	666,39
2012	680,65
2013	694,33
2014	708,29
2015	722,55
2016	737,10
2017	751,94
2018	767,37

Fuente: [Elaboración propia]

**Figura 6.11** - Estimación de la demanda de latas de aluminio recuperadas.

### Estimación de la demanda de latas de aluminio recuperadas



Como el aluminio es un metal, el precio que las empresas cancelan por tonelada de latas recuperadas está muy ligado al precio que tiene una tonelada de aluminio según la Bolsa de Metales de Londres. Por esto, el precio por tonelada de latas de aluminio recuperado debe ser tal que, agregándole el costo de envío a la fundición, sea menor que el precio que vale, según la Bolsa de Metales de Londres, una tonelada de aluminio primario, es decir, producido desde materias primas vírgenes. En el caso de Latasa Chile, según su gerente de reciclaje, el valor que ellos pagan por 1000 kilos de material recuperado es del orden del 50 % del valor de la tonelada de aluminio según la Bolsa de Metales de Londres.

Para estimar los precios que tendrá el metal a lo largo de los quince años del proyecto, se utilizó los datos diarios de precios que ha tenido desde el 2 de Enero de 1998 hasta el 30 de Junio del 2003 la tonelada de aluminio. Esta base de datos pertenece a la Bolsa de Metales de Londres.

Los datos utilizados fueron mensuales, usando para obtenerlos la Mediana de todos los precios de cada mes, ya que esta medida estadística se comporta mejor que el Promedio cuando existen datos extremos. Con esa base de datos se ocupó el software Minitab, especial para pronosticar series de tiempo, usando para ello el método de *Winters Multiplicativo*.

El comportamiento del precio promedio anual de la tonelada de aluminio recuperada se muestra en la figura 6.12 y la tabla 6.7. Como la cantidad de datos es muy grande para mostrar la tabla de precios mensuales, sólo se presenta el gráfico de estos precios en la figura 6.13.

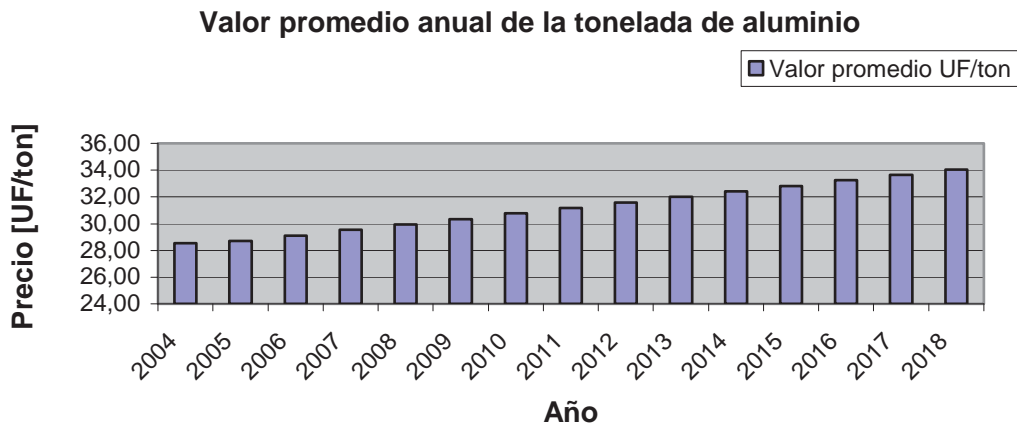
**Tabla 6.7** - Precios promedios anuales estimados de la tonelada de aluminio recuperado.

Año	Valor promedio UF/ton
2004	28.54
2005	28.71
2006	29.12
2007	29.53
2008	29.94
2009	30.35
2010	30.77
2011	31.18
2012	31.59
2013	32.00
2014	32.41
2015	32.82
2016	33.24
2017	33.65
2018	34.06

Fuente: [Elaboración propia]

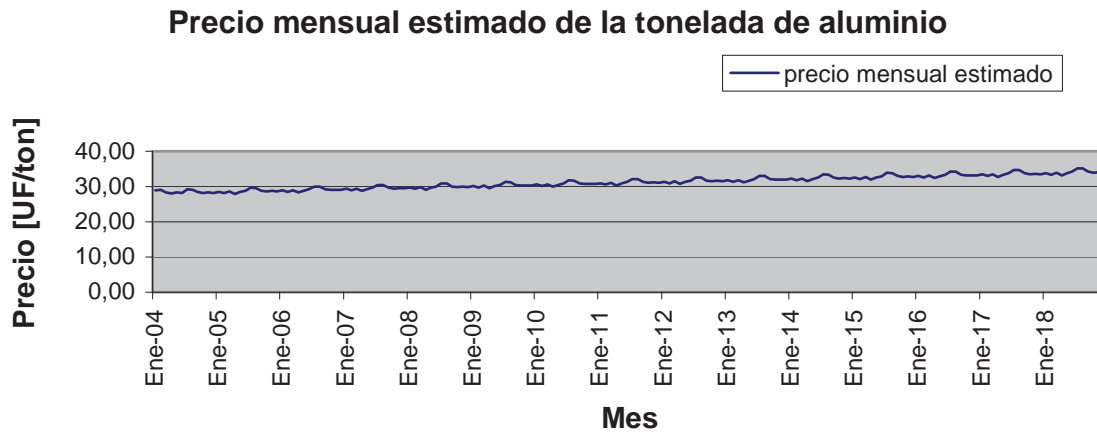
**Figura 6.12** - Comportamiento del precio del aluminio recuperado.





Según CONAMA y Latasa Chile, la utilización de latas recuperadas para fabricar nuevas latas aumento desde un 10% a fines de la década del noventa hasta entre 50 y 60% en el año 2001, por lo que se estima que este mercado tiende al aumento. Además, los residuos de aluminio recuperados (latas y otros) pueden ser destinados a otras industrias que los utilicen como materia prima para sus procesos, por ejemplo la fabricación de marcos de ventana o perfiles para soporte en el rubro de la construcción. Sin embargo, por lo auspicioso del mercado de reciclaje de latas de aluminio se puede obviar a estos últimos y enfocarse solamente en los primeros.

**Figura 6.13** - Comportamiento mensual del precio del aluminio recuperado.



#### 6.4.4 Mercado de recuperación de residuos plásticos

Al contrario de los otros elementos, el mercado del plástico recuperado está recién surgiendo en nuestro país y los niveles de reciclado en este momento son aún muy bajos. Por tal motivo basarse en datos nacionales no es confiable.

Arpet es una organización civil argentina que se dedica al reciclaje de plásticos en el país trasandino. La campaña iniciada por ellos en Argentina desde el año 1997 ha tenido el comportamiento que se muestra en la tabla 6.8.

**Tabla 6.8** - Comportamiento de la recuperación de PET en Argentina.

Año	PET Reciclado (en toneladas)	Envases (en millones)	PET Virgen (en toneladas)	Porcentaje Recuperado
1997	780	18	70.000	1,11

<b>1998</b>	<b>2.700</b>	<b>61</b>	<b>90.000</b>	<b>3,00</b>
<b>1999</b>	<b>3.500</b>	<b>80</b>	<b>105.000</b>	<b>3,33</b>
<b>2000</b>	<b>6.600</b>	<b>150</b>	<b>130.000</b>	<b>5,00</b>
<b>2001</b>	<b>8.580</b>	<b>200</b>	<b>145.000</b>	<b>5,91</b>
<b>2002</b>	<b>10.250</b>	<b>238</b>	<b>115.000</b>	<b>8,91</b>

Fuente: [Reciclaje03]

Según información del sitio Web de El Gremio de Recuperación de Cataluña, España, “entre todos los materiales, el que obtiene un mayor porcentaje de reciclado es, sin duda, el Polietileno, tanto de baja densidad como de alta densidad. Del total de productos fabricados a partir del plástico reciclado, más del 70% se hace a partir del PE, especialmente tuberías, envases, y bolsas y sacos de basura.” Y como “...el PET es un caso diferente,...ya que el volumen de residuo que representa esta fracción no es demasiado” [GRC03] podemos concluir que la concentración del PET dentro de los plásticos presentes en los RSU es baja respecto a la del polietileno. Por consiguiente, pensando en un escenario pesimista debido al poco auge que ha tenido el mercado de recuperación de plásticos en Chile, asumiremos para estimar la demanda de estos materiales los datos del porcentaje de reciclado de PET que se generó en la experiencia de Arpet en Argentina. Por esto, y utilizando el análisis de tendencia cuadrática del software Minitab (especial para predecir series de tiempo), los valores de recuperación proyectados son los que se muestran en la tabla 6.9. La estimación de la demanda durante la vida útil del proyecto se presenta en la tabla 6.10 y figura 6.14.

**Tabla 6.9** - Porcentaje de recuperación de plásticos al año.

Año	Porcentaje de recuperación
2004	1,11
2005	3
2006	3,33
2007	5
2008	5,91
2009	8,91
2010	6,84
2011	7,69
2012	8,4514
2013	9,1243
2014	9,7086
2015	10,2043
2016	10,6114
2017	10,93
2018	11,16

Fuente: [Elaboración propia.]

**Tabla 6.10** - Estimación de la demanda de plásticos recuperados

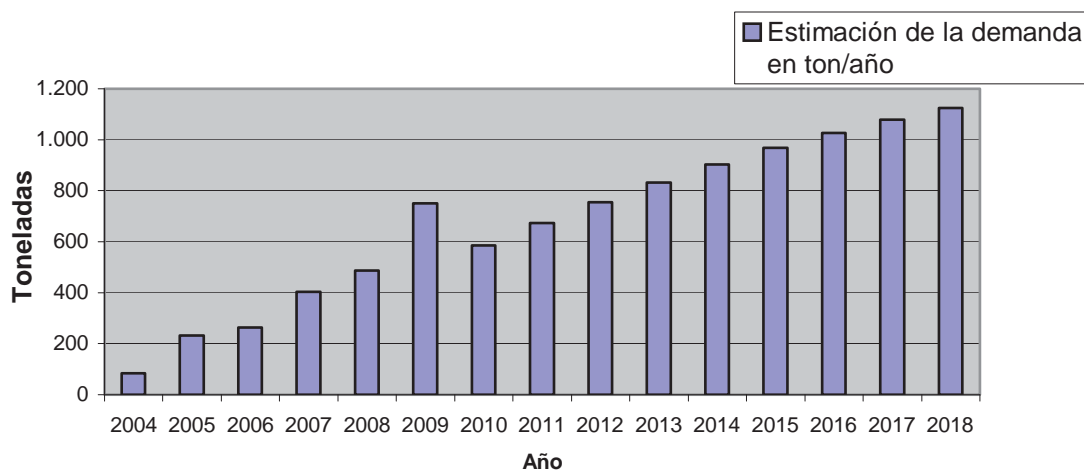
Año	ton/año
-----	---------

2004	84
2005	233
2006	264
2007	404
2008	487
2009	750
2010	586
2011	673
2012	755
2013	832
2014	903
2015	968
2016	1.027
2017	1.079
2018	1.125

Fuente: Elaboración propia.]

**Figura 6.14** - Comportamiento de la demanda de plásticos durante la vida útil.

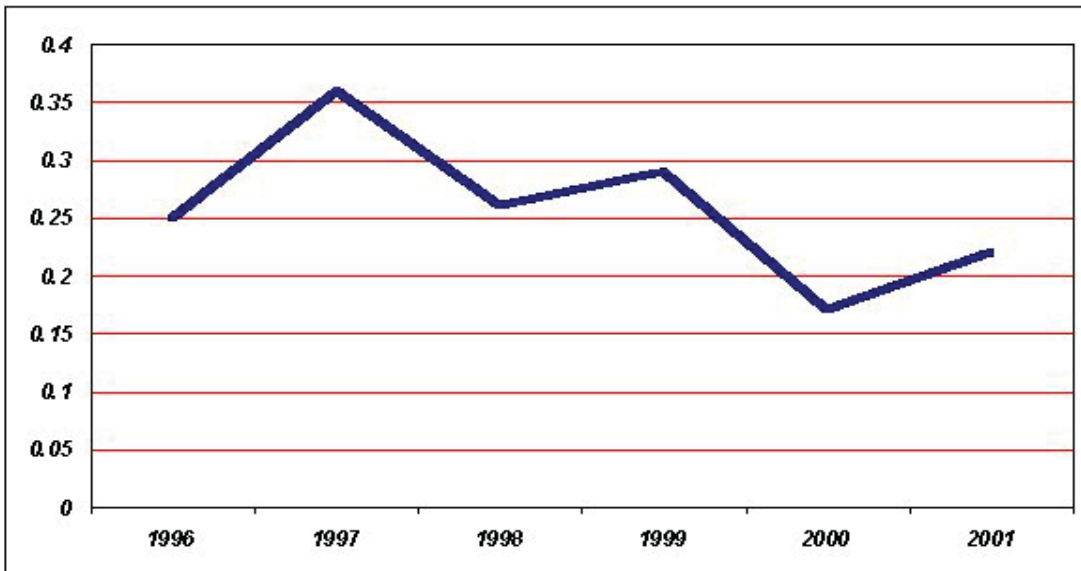
### Estimación de la demanda de plástico en ton/año



Por el mismo motivo que no se puede utilizar los datos nacionales para estimar la demanda de plásticos que tendrá la planta de transferencia, no se puede estimar el comportamiento del precio del mismo. Es por esto que la información de las exportaciones de plástico de Panamá junto a la evolución de los precios en que los venden es una buena reseña para poder estimar el comportamiento del precio que tendrá el plástico recuperado en Viña del Mar.

La evolución que ha tenido el precio con que se vende (exporta) el kilo de plásticos recuperados en Panamá se presenta en la figura 6.15.

Figura 6.15 - Precios de exportación de los desechos de plástico, 1996 – 2001, en U\$ / Kg (valor FOB).



Usando el método promedios móviles del software Minitab, se estima el comportamiento del precio del kilo de plástico recuperado, el cual se presenta en la tabla 6.11 y la figura 6.16. El rango en que fluctúa el precio del kilo de plástico recuperado es cercano a 12 centavos de dólar, lo que se traduce a 0.05 UF. Se espera que para los próximos 15 años, el precio se mueva dentro de dicho rango.

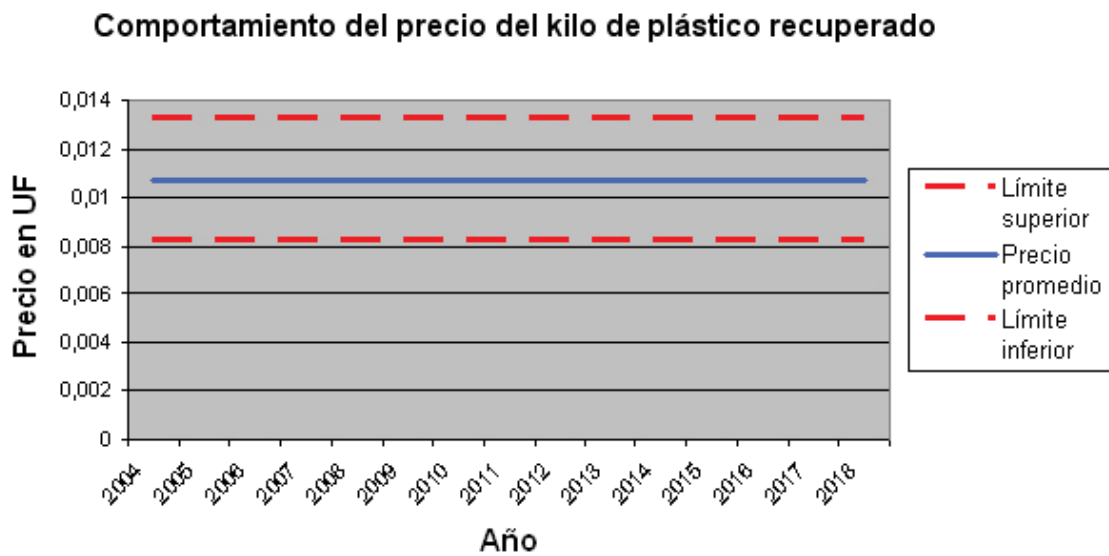
**Tabla 6.11** - Comportamiento estimado del precio del kilo de plástico recuperado en UF.

Año	Precio en UF
2004	0,0107169
2005	0,0107169
2006	0,0107169
2007	0,0107169
2008	0,0107169

2009	0,0107169
2010	0,0107169
2011	0,0107169
2012	0,0107169
2013	0,0107169
2014	0,0107169
2015	0,0107169
2016	0,0107169
2017	0,0107169
2018	0,0107169

Fuente: [Elaboración propia]

**Figura 6.16** - Comportamiento del precio del kilo de plástico recuperado.





#### **6.4.5 Mercado de recuperación de residuos orgánicos**

En la actualidad existen solo dos empresas que utilizan como materia prima los residuos orgánicos para fabricar compostajes, CAM S.A. y Armony S.A. Como estas representan la única forma existente para comercializar el material orgánico recuperado en la planta en nuestro país, la demanda estará sujeta a la capacidad de ellas.

Según información entregada por Patricio Siggelkow, experto en el tema de manejo de residuos, la capacidad conjunta que se encuentra disponible para manejar residuos orgánicos provenientes de la planta de recuperación alcanza a unas 8000 toneladas al año [Siggelkow03]. Es decir, la máxima demanda que puede existir para residuos orgánicos con las plantas fabricantes de compostajes existentes sin una ampliación de las mismas no supera el valor indicado. Además, no todo el residuo orgánico puede ser utilizado como materia prima para tal proceso, lo que induce a tener que realizar una subseparación de los residuos orgánicos lo que es sumadamente complicado debido a la naturaleza de los dichos desperdicios, que generalmente se encuentran muy mezclados y es difícil su separación sin alterar las cualidades del material que puede ser utilizado en compostajes.

Si bien es probable que la industria del compostaje crezca durante la vida útil del proyecto bajo estudio, no se puede definir en cuanto aumentará la demanda de desechos orgánicos puesto que los planes de expansión de las empresas existentes se reservan a las estrategias y políticas de CAM S.A. y Armony S.A. Ante esto, se asume que la demanda de residuos orgánico se mantendrá constante durante los próximos 15 años.

Basados en los mismos argumentos antes señalados, el precio de mercado de los desechos orgánicos se mantendrá constante durante la vida útil del proyecto. Actualmente

el precio varía entre \$ 4.000 y \$ 5.000 la tonelada de residuos orgánicos que sirven para la fabricación de compostajes.

Otro residuo que puede ser utilizado en compostajes es la madera, sin embargo, para obtener un tiempo corto en este proceso la madera debe ser picada en pequeños trozos lo que significa que las empresas productoras de compostajes compran madera trozada (chips). Ante esto se determina que solo la fracción orgánica se puede destinar a este mercado, ya que la madera requiere de una inversión extra.

#### **6.4.6 Oportunidades tentativas de comercialización**

Los mercados en los cuales se observa una oportunidad para comercializar los materiales recuperados en la planta de transferencia son los de materias primas y en menor medida a los de energía. Lo anterior producto de las condiciones actuales descritas en los puntos anteriores.

En el mercado de materias primas se debe dar foco en las empresas nacionales como imprentas, cristalerías, agrícolas, manufactura de plásticos y aluminio, entre otras, teniendo clientes en todo el país mientras el negocio sea rentable económicamente.

Además por ser Chile un país que exporta materias primas, la opción de aumentar límites de negocio y exportar material recuperado estará siempre latente. Los mercados extranjeros que mayormente atraen son los asiáticos debido a que en los últimos años han tenido un crecimiento acelerado en sectores como la industria del papel y fundiciones, por lo que

países como EEUU ya son proveedores de papel, cartones y chatarra recuperados desde sus RSU. No obstante, mercados europeos también son una opción interesante.

Para el caso de utilizar el poder calorífico de los RSU recuperados, el mercado nacional se constituye de fundiciones y empresas que requieran grandes gastos calóricos. Un ejemplo de este tipo de empresas es Cemento Melón S.A. la cual está en estos momentos, analizando la posibilidad de comenzar a utilizar como combustible neumáticos usados.

Al igual que en el caso anterior, existe la posibilidad de exportar los RSU recuperados. La incineración de residuos como neumáticos y plásticos, ambos con altos poderes caloríficos, genera soluciones para cubrir los requerimientos de energía, por lo que sería una buena idea exportarlos, tal como lo hace Alemania desde hace algún tiempo.

## 7 Benchmarking

En Chile la experiencia con plantas de transferencia no es muy vasta. En estos momentos existe una planta de transferencia en Santiago, específicamente en la comuna de Quilicura y pertenece a la transnacional KDM S.A. Esta planta es del tipo de traspaso, donde sólo se toma la basura de los diferentes camiones recolectores y se coloca en camiones con mayor capacidad, de modo de minimizar los viajes al relleno sanitario de "Lomas Los Colorados" con tal de minimizar los costos de transporte.

En otro aspecto, existen en Chile empresas que realizan separación, ya sea *in situ* como *ex situ* de los desperdicios domiciliarios, como por ejemplo, Ecobas S.A. quien realiza dicha labor desde hace casi una década en la comuna de La Reina, en la Región Metropolitana; y Sorepa S.A. que aunque no separa todos los tipos de residuos, si hace una separación por categoría de los papeles y cartones ingresados a su centros de acopio.

En el extranjero en tanto, existen muchas experiencias en lo que se refiere a separación *in situ* y *ex situ*, esta última a través de plantas de transferencia. Particularmente para este estudio se analizará la experiencia de Córdoba, España.

### 7.1 Benchmarking nacional

Como en el país no existe una planta de transferencia con recuperación de materiales de residuos sólidos urbanos, se analizará la forma en que Sorepa S.A. separa los diferentes tipos de materiales que recupera. Esta decisión se basa en que la forma de actuar de esta

empresa es similar a la manera en que lo hacen las plantas de transferencia con recuperación de materiales, salvo que su gama de materiales a separar es menor.

Para tener una idea además de la complejidad y estructura de una planta de transferencia de residuos sólidos urbanos se explicará el funcionamiento de la planta de Quilicura, propiedad de la empresa KDM S.A.

Por último para ver la experiencia nacional en lo que se refiere a separación *in situ* se analizará la forma de actuar de la empresa Ecobas S.A. en la comuna de La Reina.

### **7.1.1 Sorepa S.A.**

Esta empresa tiene una cobertura nacional a través de agentes comerciales y centros de acopio en las ciudades más importante del país. Sin embargo, la separación de los materiales se lleva a cabo en Santiago, en su casa matriz. Por consiguiente, los materiales son enviados a esta sucursal desde todos los centros de acopio de la empresa a lo largo del país. Al llegar a dicha instalación son apilados y, a través de la utilización de maquinaria, son puestos sobre una cinta transportadora, la cual lleva los materiales a una bodega para su almacenaje (con el fin de cubrirlos de las inclemencias climáticas). A lo largo de esta cinta transportadora, por ambos lados, existen equipos de personas que se dedican a sacar sólo el tipo de papel o cartón que sirve para ser recuperado. Estas personas, cuando ven o identifican un papel de este tipo, lo sacan de la cinta y lo ponen en canastos para su transporte. De esta manera el material que ingresa a la cinta es clasificado. Cuando el canasto está repleto, se traslada hacia máquinas prensadoras, las cuales construyen grandes fardos prensados de un tipo específico papel. Estos fardos, son transportados a camiones por medio de una cinta transportadora unida a la máquina prensadora, y se disponen para la

venta a empresas productoras de papel. En el caso específico de Sorepa S.A. dichos fardos se envían a la Compañía Manufacturera de Papel y Cartón (CMPC). Si no se dispone de camiones en ese momento, son almacenados en espera de transporte en forma de *pallets*. Este proceso se realiza cuando la empresa compra materiales a grandes consumidores de papel, los cuales, al no ser su giro la venta de recorte de papel, prefieren comercializar todo ellos bajo una sola categoría, de modo que existe una mezcla papeles en las instalaciones de la casa matriz de Sorepa S.A. En el caso de pequeños recolectores (cartoneros y público en general), instituciones y empresas pequeñas, éstas separan *in situ* sus residuos, los primeros juntando sólo un tipo de material, mientras que los segundos usando canastos facilitados por Sorepa S.A. Los cartoneros acuden al centro de acopio a vender el material recuperado, mientras que las instituciones y empresas pequeñas se comunican con la empresa para informar que sus contenedores se encuentran llenos. El retiro a domicilio de los materiales es gratuito, es decir, Sorepa S.A. con su flota de móviles, acude a retirar los papeles y cartones a acumulados en distintos puntos.

### **7.1.2 Planta de transferencia de KDM S.A.**

Los camiones recolectores ingresan a la Estación de Transferencia, donde se realiza una inspección visual que verifica que los residuos sean domiciliarios o similares. Luego se realiza el pesaje de los camiones en balanzas de tipo puente con capacidad para 60 toneladas. Posteriormente se hace el registro automático de tonelaje e identificación del camión. (Comuna de procedencia, número de placa, compañía recolectora y horario de entrada y salida).

Los camiones ingresan al Edificio de Transferencia, una plataforma de operaciones elevada a 8 metros de altura, donde vierten su carga directamente en los silos o contenedores, ubicados en posición vertical. El volumen de los desechos es reducido mediante un pistón

hidráulico que los compacta verticalmente aplicando 30 toneladas de fuerza. Con esto se logra una densidad de 0.55 a 0.6 ton/m<sup>3</sup>. El proceso de descarga y compactación se repite sucesivamente hasta que las pantallas digitales, posicionadas sobre los silos, indican que se ha alcanzado la capacidad de carga máxima del silo, valor de alrededor de 30 toneladas. Un sistema de semáforos señala al camión el momento en que el silo puede ser retirado. Este camión, equipado con un sistema de levante hidráulico, realiza las maniobras apropiadas para tomar el silo y llevarlo desde su posición vertical a una horizontal. El camión de transferencia desliza por completo el silo cargado sobre el chasis del camión de transporte, dejando las puertas del silo aseguradas y dirigidas hacia la cabina. El camión de transporte cargado con el silo es pesado en la báscula dinámica de peso por eje, autorizada y controlada por el Ministerio de Obras Públicas. En este proceso se controla que el peso por eje y total del equipo cargado sean idénticos o por debajo de lo estipulado en el decreto N° 158/80 y sus modificaciones. El *trailer* puede desplazar el silo 30 centímetros hacia delante o hacia atrás para la obtención de una apropiada distribución de pesos por ejes para su circulación por carreteras y posteriormente dirigirse al Relleno Sanitario “Loma Los Colorados”.

Solamente en Santiago existen plantas de transferencias, aunque en estos momentos se encuentra en análisis un proyecto de una estación de transferencia en la VIII Región del país. Los costos (incluido valor cobrado por KDM S.A. y el gasto en el transporte desde la comuna a la planta) que tienen los municipios que envían sus desechos a las dichas estaciones se presentan en la tabla 7.1. Si se toma en cuenta que en Chile el valor promedio que cuesta la tonelada de desperdicios ubicada en un relleno sanitario es de aproximadamente \$7.000, se nota a simple vista los beneficios que obtienen las municipalidades de la Región Metropolitana.

**Tabla 7.1** - Costos de transferencia de RSU por tonelada.

Comunas Grandes	Precio por tonelada
La Florida	2.351
Maipú	3.414
Santiago	3.280
Comunas Medianas	Precio por tonelada
La Pintana	2.351
Providencia	3.431
Vitacura	2.839

Fuente: [Cerde03]

## 7.2 Benchmarking internacional

Muchos países europeos se dieron cuenta hace varios años de la necesidad de gestionar el manejo de los residuos sólidos urbanos. Por esto es que en este continente ya son muchas las experiencias que existen en recolección selectiva (*in situ*), plantas de transferencia, reciclaje, y otras técnicas de manejo de los mismos. Entre estas alternativas, se eligió para el *Benchmarking* la experiencia de Córdoba, España, debido a que ésta muestra claramente una programación de las diferentes actividades que deben realizarse para inculcar la recolección selectiva, cómo llevarlas a cabo, los primeros resultados de la puesta en marcha del proyecto, las etapas siguientes y la situación actual del proyecto. Además tiene una similitud con Viña del Mar debido a que tienen un nivel de población similar y mercados agrícolas cercanos.



En el año 1983 el ayuntamiento de Córdoba decide cambiar la forma de mirar los RSU elaborando y poniendo en marcha un Plan de Gestión de Residuos. En 1984 se comenzó a recolectar selectivamente unicomponentes, es decir, contenedores especiales para tipos específicos de materiales (vidrio, cartones, etc.).

No conforme con esto se estudia el proyecto de recolección selectiva de los residuos sólidos domiciliarios. Para llevar a cabo este proyecto se decide implantarlo, a modo de prueba, en un sector que tiene 50.000 habitantes y se analiza, además, el comportamiento del compostaje producido de la recolección de material orgánico, un total de 50 parcelas de agricultores de la zona. Para el año 1996 se estipuló el inicio de la construcción de la planta de transferencia que tendría un canal para el material orgánico y otro para el inerte o inorgánico.

Pero como sucede comúnmente, para que una iniciativa de este tipo resulte, se debe motivar y educar la población. Por esto se realizó una campaña de concientización de la población dependiendo su estrato social a través de:

Información puerta a puerta, carteles en portales de viviendas, charlas y exposiciones audiovisuales, entre otras actividades.

Programas de elaboración propia emitidos por la televisión municipal.

Divulgación de las Ordenanzas Medioambientales de forma directa a los implicados y en general a través de radio, prensa y televisión municipal.

Creación de un Punto de Información itinerante que visita semanalmente cada sector de la Ciudad.

De esta forma se explicó el funcionamiento del nuevo sistema, las razones del cambio, los beneficios de realizarlo y los productos que se obtienen del proceso. Sadeco S.A., es la

empresa municipal que administra el proyecto y gasta un 5 % del total de sus costos en el proceso de concientización y dar a conocer el proyecto. Además, la posibilidad de visitar esta planta, así como el regalo de algunos productos reciclados como el *humus*, permitieron a la gente darse cuenta de la importancia del proyecto. En el proceso de aprendizaje de la población se debió introducir el tema del costo, ya que esta iniciativa no disminuyó el pago por el servicio de aseo, de hecho lo aumentó, por lo que fue necesario que las personas entendieran la finalidad del trabajo y los beneficios para el medio ambiente, a fin de que apoyaran la iniciativa aunque fuese más costosa.

Teniendo este punto cumplido, y a través de la recolección unicomponente de vidrio, papel, cartón, textil y otros, sirviendo para toda la comunidad (300.000 habitantes) se avanzó a la siguiente etapa del proyecto: la puesta en marcha de la recolección selectiva domiciliaria. Se utilizó un método de separación consistente en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Cada uno se guardaba en un contenedor específico en los hogares. Esta etapa se probó en un sector de Córdoba con 50.000 habitantes. Con el material recuperado se creaban compostajes que fueron llevados a las 50 parcelas experimentales con que contaba esta fase o, en el caso de los inorgánicos, se envió a empresas sociales que realizaban la tarea de comercialización de los diferentes materiales recuperados. Por consiguiente, y como se mencionó, el proceso comenzaba por una separación en dos grupos (orgánico e inorgánico), luego fueron retirados por camiones especiales, los cuales trasladaban el material a la planta, donde dependiendo de su grupo, entraban por el canal de orgánicos o de inorgánicos. En el primer caso y libre de componentes contaminantes, el material fue enviado a la planta de compostaje, previa disminución de su tamaño (a través de molinos), mientras que en el segundo caso, se separó por tipo de material, los artículos recuperados. Como uno de los motivos de llevar a cabo dicho proyecto fue disminuir la tasa de cesantía, la separación del material inerte se hizo con personal que trabajó en torno a una cinta transportadora por donde pasaban lotes de material recuperado. Los desechos no aptos para ser reciclados fueron llevados a un vertedero.

Como la población recibió con entusiasmo el proyecto, se esperaba que para el año 1998 un 80 % del total de personas de la zona estuviera participando activamente de esta iniciativa, para luego, en un período pequeño de tiempo, llegar a la totalidad de la población.

Los resultados que arrojó el período de prueba del proyecto fue la caracterización de la basura de Córdoba, el nivel de satisfacción de los habitantes respecto al servicio de aseo y la confirmación de que el tema podía ser abordado a nivel de ciudad.

La caracterización de los desperdicios fue: 1.100.000 Kg. de papel cartón, 1.700.000 Kg. de vidrio, 50.000 m<sup>3</sup> de escombros, 60.000 unidades de residuos voluminosos y 5.840.000 Kg. de materia orgánica.

Una encuesta de satisfacción que se realizó arrojó que un 88.6 % de los habitantes estuvieron de acuerdo con el programa y lo calificaron de positivo, mientras que sólo el 2.3 % lo calificó como deficiente.

Por último, los buenos resultados de la etapa de prueba en el sentido de participación de los pobladores, logros de metas y venta de productos derivados implicaron que el proyecto terminara su etapa inicial y se expandiera para cubrir toda la dimensión de la ciudad de Córdoba en España.

Al expandir el programa a toda la comunidad se decidió crear los denominados Ecoparques (llamados Axerquía, Fuente de la Salud, Granadal y Polígono Guadalquivir). Estos son lugares donde las personas acuden y dejan un tipo específico de material. De este modo se permite una mejor separación de los desechos de los habitantes y se llevan estadísticas

precisas sobre la cantidad de toneladas que se reciben y el número de automóviles que visitan dichos parques, denominados en otras partes de Europa como puntos verdes o puntos blancos dependiendo del material que reciban.

Además se crearon campañas de educación ambiental orientadas a las personas y se organizaron brigadas verdes, las cuales fueron formadas por alumnos de colegios. Su objetivo fue contar, enseñar y aconsejar a los ciudadanos en los temas referidos al reciclaje.

Los gráficos con los resultados de este programa se presentan en el anexo 8.

## 8 Análisis de resultados del estudio de mercado

Luego de la investigación realizada del mercado nacional y local de RSU, es posible definir algunos resultados al estudiar la información obtenida en el desarrollo del análisis.

En el capítulo denominado “Caracterización de RSU en Viña del Mar” específicamente en el punto “Determinación de los flujos de entrada a la planta”, capítulo 5 y punto 5.5 respectivamente, se logró definir la producción de cada tipo de residuo generado en la comuna de Viña del Mar, los cuales se traducen en las entradas de desechos que tiene la planta de recuperación bajo estudio para el año 2003. La tabla 8.1 muestra los datos relativos a ello:

**Tabla 8.1** – Producción media total de cada compuesto de RSU año 2003

<b>Total 2003</b>	<b>Orgánico</b>	<b>Goma</b>	<b>Papel</b>	<b>Cartón</b>	<b>Plástico</b>	<b>Textil</b>	<b>Madera</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
<b>Ton/año</b>	76.771	628	12.543	3.950	7.460	2.556	1.125	1.952	2.562	9.118

Fuente: [Elaboración propia]

En la tabla mostrada se puede observar que la mayor cantidad de desechos corresponden a residuos orgánicos con una amplia diferencia con el resto de residuos. Si bien, este tipo de desechos no genera contaminación, la gran cantidad de ellos hace que los vertederos habilitados para la disposición final de RSU copen su capacidad rápidamente. Sin embargo, dichos residuos pueden ser destinados a otro lugar diferente de un vertedero

como es el caso de plantas generadoras de compostajes. No obstante, el mercado para este tipo de desechos aún se encuentra muy poco desarrollado existiendo pocas empresas dedicadas a esta labor y con casi la totalidad de su capacidad operando dejando muy poco margen para comercializar dichos residuos. Tal industria se encuentra principalmente en Santiago lo que se traduce en altos riesgos de involucrarse en este mercado. Si bien en el capítulo anterior se describió el comportamiento de la demanda y los precios para tal mercado, existen posibilidades de comercializar el material orgánico y obtener resultados beneficios de ello en forma creciente si el mercado se desarrolla y se comienza a utilizar en mayor medida el compostaje en nuestro país.

Por otro lado, el papel, cartón, plástico y vidrio, también presentan una cantidad importante de generación y existe actualmente un mercado en vías de desarrollo con amplias posibilidades de ser explotado en mayor medida, el cual posee capacidad para reciclar gran parte de ellos y comercializarlos en el país. Además existe la posibilidad de exportar dichos materiales a mercados compradores que poseen mayores niveles de tratamiento de residuos recuperados y mercados más desarrollados. Sin embargo, esta última afirmación debe ser analizada en forma individual por tratarse de un proyecto de expansión lo que escapa al alcance del presente proyecto. El comportamiento de la demanda y los precios del papel, cartón y vidrio recuperados se muestran favorables, ya que se estiman estables los precios, sujetos a variaciones de este no muy relevantes para la comercialización y, además, existe un mercado internacional para dichos materiales que, al ser estudiado, puede presentar verdaderas oportunidades de expansión y/o soporte a eventuales cambios en la demanda y los precios. Por otro lado, la demanda de estos elementos se presenta creciente para la vida útil del proyecto lo que representa grandes oportunidades.

Para el caso de los demás tipos de residuos, como goma, textiles, madera, residuos varios no clasificados (baterías, cenizas, tierra, etc.) y metales comunes, se puede ver en la tabla que no presentan una cantidad de generación que permita asegurar un negocio basado en un mercado casi inexistente y con muy pocas proyecciones de desarrollo. Es importante

señalar que en la categoría de metales comunes, se excluye el aluminio (generalmente proveniente de latas de bebidas fabricadas con dicho material) ya que para este tipo de residuos se encuentra activo un mercado de reciclaje con un desarrollo que propone expectativas positivas de recuperar dicho material. Como se pudo observar en el capítulo anterior, los residuos de aluminio, especialmente las latas de bebidas y cervezas recuperadas, poseen un mercado desarrollado donde la demanda se estima crecerá y los precios se mantendrán al alza durante la vida útil del proyecto, lo que se traduce en un factor positivo, ya que la recuperación de este tipo de material no presenta mayores dificultades (existen tecnologías que permiten facilitar esta labor) y se presenta la oportunidad de enviar directamente el residuo recuperado a la planta recicladora ubicada en Brasil sin pasar por los centros de acopio y embalaje existentes en el país.

Por consiguiente, y según la proyección de generación de residuos estimada en el capítulo denominado “Caracterización de RSU en Viña del Mar” específicamente en el punto “Determinación de los flujos de entrada a la planta”, capítulo 5 y punto 5.5 respectivamente, los porcentajes de cada tipo de residuos se mantienen más o menos constantes durante la vida útil del proyecto. Lo anterior se refuerza con lo que se afirma en la mayoría de la literatura especializada en RSU, donde se postula que los hábitos de consumo de productos y, por lo tanto, generación de residuos no varían rápidamente, más aún, si lo hacen, generalmente para que este cambio afecte en forma considerable el análisis aquí planteado toma un tiempo mayor al que considera el presente estudio. Además, los cambios que eventualmente podrían ocurrir apuntan a una mayor reutilización de materiales y mejor convivencia con el medio ambiente, factor positivo para una planta recuperadora.

Finalmente, tomando como referencia la experiencia desarrollada en Córdoba, España, se puede afirmar que la simple preocupación por el medio ambiente se puede llevar a la práctica en nuestro país y representa un atractivo negocio desde el punto de vista empresarial. A esto, se suma la predisposición de la autoridad local de la comuna de Viña

del Mar por implementar una solución más adecuada a la disposición final de los residuos sólidos producidos en la comuna.

## 8.1 Determinación de volúmenes a recuperar en la planta

Según el estudio del mercado de residuos separados para su reciclado es posible definir los volúmenes que se separarán en la planta. Para ello, se tomará en cuenta satisfacer un 70% de la demanda existente (ya que existen otros agentes que también poseen una mínima tasa de crecimiento en la recuperación), los precios y la dificultad que puede tener la separación de un elemento en particular.

A partir de los flujos de entrada definidos en el capítulo “Caracterización de RSU en Viña del Mar”, y expuestos al inicio del presente capítulo en la tabla 8.1, se determinará un porcentaje de dichos volúmenes de cada residuo para ser recuperado en las instalaciones de la planta y comercializados en los mercados analizados. El resto de los residuos no separados serán destinados a un vertedero para su disposición final. A partir de la demanda estimada de cada elemento recuperado se calcula el 70% de ella, valor que se resta a las toneladas entrantes a la planta del material en cuestión.

La tabla 8.2 muestra los porcentajes del volumen total producido de papel / cartón que recuperaría la planta, los porcentajes que se destinarán a vertedero y el volumen total producido para cada año de operación.

**Tabla 8.2** – Recuperación de papel / cartón

Año	Papel / Cartón
-----	----------------



	<b>Producción (ton)</b>	<b>% recuperado</b>	<b>Demanda (ton)</b>	<b>% a vertedero</b>	<b>Volumen recuperado (ton)</b>
<b>2004</b>	16.807	0,06	1.512	0,94	1.058
<b>2005</b>	17.177	0,06	1.542	0,94	1.080
<b>2006</b>	17.500	0,07	1.696	0,93	1.188
<b>2007</b>	17.880	0,07	1.866	0,93	1.306
<b>2008</b>	18.214	0,08	2.053	0,92	1.437
<b>2009</b>	18.605	0,08	2.135	0,92	1.494
<b>2010</b>	18.949	0,08	2.220	0,92	1.554
<b>2011</b>	19.352	0,08	2.309	0,92	1.616
<b>2012</b>	19.761	0,09	2.401	0,91	1.681
<b>2013</b>	20.159	0,09	2.497	0,91	1.748
<b>2014</b>	20.564	0,09	2.597	0,91	1.818
<b>2015</b>	20.977	0,09	2.701	0,91	1.891
<b>2016</b>	21.399	0,09	2.809	0,91	1.967
<b>2017</b>	21.829	0,09	2.922	0,91	2.045
<b>2018</b>	22.284	0,10	3.039	0,90	2.127

Fuente: [Elaboración propia]

La tabla 8.3 muestra los porcentajes del volumen total producido de vidrio que recuperará la planta, los porcentajes que se destinarán a vertedero y el volumen total producido para cada año de operación.

Tabla 8.3 - Recuperación de vidrio

Año	Vidrio				
	Producción (ton)	% recuperado	Demanda (ton)	% a vertedero	Volumen recuperado (ton)
2004	2.611	0,6	2.350	0,4	1.567
2005	2.668	0,6	2.401	0,4	1.601
2006	2.718	0,6	2.446	0,4	1.631
2007	2.777	0,6	2.499	0,4	1.666
2008	2.829	0,6	2.546	0,4	1.697
2009	2.890	0,6	2.601	0,4	1.734
2010	2.944	0,6	2.650	0,4	1.766
2011	3.006	0,6	2.705	0,4	1.804
2012	3.070	0,6	2.763	0,4	1.842
2013	3.131	0,6	2.818	0,4	1.879
2014	3.194	0,6	2.875	0,4	1.916
2015	3.259	0,6	2.933	0,4	1.955
2016	3.324	0,6	2.992	0,4	1.994
2017	3.391	0,6	3.052	0,4	2.035
2018	3.462	0,6	3.116	0,4	2.077

Fuente: [Elaboración propia]

La tabla 8.4 muestra los porcentajes del volumen total producido de plásticos que recuperará la planta, los porcentajes que se destinarán a vertedero y el volumen total producido para cada año de operación.

**Tabla 8.4 - Recuperación de plásticos**

Año	Plásticos				
	Producción (ton)	% recuperado	Demanda (ton)	% a vertedero	Volumen recuperado (ton)
2004	7.602	0,01	84	0,99	59
2005	7.769	0,02	233	0,98	163
2006	7.915	0,02	264	0,98	184
2007	8.087	0,04	404	0,97	283
2008	8.238	0,04	487	0,96	341
2009	8.415	0,06	750	0,94	525
2010	8.571	0,05	586	0,95	410
2011	8.753	0,05	673	0,95	471
2012	8.938	0,06	755	0,94	529
2013	9.118	0,06	832	0,94	582
2014	9.301	0,07	903	0,93	632
2015	9.488	0,07	968	0,93	678
2016	9.679	0,07	1.027	0,93	719
2017	9.873	0,08	1.079	0,92	755

<b>2018</b>	10.079	0,08	1.125	0,92	787
-------------	--------	------	-------	------	-----

Fuente: [Elaboración propia]

La tabla 8.5 muestra los porcentajes del volumen total producido de residuos orgánicos que recuperará la planta, los porcentajes que se destinarán a vertedero y el volumen total producido para cada año de operación.

La cantidad de residuos orgánicos a recuperar se define como constante porque se estima que el único mercado de destino de ellos, es decir, el de fabricación de compost, se mantendrá estable. Esto porque las plantas existentes no se encuentran operando a su máxima capacidad y aún puede recibir 8.000 toneladas anuales más de residuos orgánicos de lo que actualmente reciben. Si bien, al existir mayor disponibilidad de residuos orgánicos segregados es posible que se materialicen nuevas plantas de compostaje, no obstante lo anterior, no se puede determinar o estimar la cantidad de desechos que serían capaces de recibir. Aunque eventualmente se podrían recuperar las 8.000 toneladas anuales de residuos orgánicos, se pretenderá solo comercializar un 70 % de este valor (5.600 toneladas) ya que en Chile el compostar con desechos orgánicos provenientes desde los RSU no se ha realizado y existe un factor de riesgo por ello.

**Tabla 8.5** - Recuperación de residuos orgánicos

Año	Residuos Orgánico				
	Producción (ton)	% recuperado	Demanda (ton)	% a vertedero	Volumen recuperado (ton)
<b>2004</b>	78.233	0,07	8.000	0,93	5.600
<b>2005</b>	79.951	0,07	8.000	0,93	5.600
<b>2006</b>	81.458	0,07	8.000	0,93	5.600

<b>2007</b>	83.227	0,07	8.000	0,93	5.600
<b>2008</b>	84.782	0,07	8.000	0,93	5.600
<b>2009</b>	86.603	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2010</b>	88.206	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2011</b>	90.080	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2012</b>	91.984	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2013</b>	93.833	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2014</b>	95.719	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2015</b>	97.642	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2016</b>	99.605	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2017</b>	101.608	0,06	8.000	0,94	5.600
<b>2018</b>	103.725	0,05	8.000	0,95	5.600

Fuente: [Elaboración propia]

La tabla 8.6 muestra los porcentajes del volumen total producido de aluminio que recuperará la planta, los porcentajes que se destinarán a vertedero y el volumen total producido para cada año de operación.

**Tabla 8.6 - Recuperación de aluminio**

Año	Aluminio				
	Producción (ton)	% recuperado	Demanda (ton)	% a vertedero	Volumen recuperado (ton)

<b>2004</b>	597	0,55	579	0,45	328,185
<b>2005</b>	610	0,55	592	0,45	335,445
<b>2006</b>	621	0,55	603	0,45	341,715
<b>2007</b>	635	0,55	616	0,45	349,14
<b>2008</b>	647	0,55	627	0,45	355,74
<b>2009</b>	661	0,55	641	0,45	363,33
<b>2010</b>	673	0,55	653	0,45	370,095
<b>2011</b>	687	0,55	666	0,45	377,85
<b>2012</b>	702	0,55	681	0,45	385,935
<b>2013</b>	716	0,55	694	0,45	393,69
<b>2014</b>	730	0,55	708	0,45	401,61
<b>2015</b>	745	0,55	723	0,45	409,695
<b>2016</b>	760	0,55	737	0,45	417,945
<b>2017</b>	775	0,55	752	0,45	426,36
<b>2018</b>	791	0,55	767	0,45	435,05

Fuente: [Elaboración propia]

## 8.2 Estimación de ingresos

A continuación se realizará una estimación de los ingresos que percibirá la operación de la planta recuperadora de residuos para los 15 años de vida útil definidos. Estos ingresos se generan de dos fuentes: Comercialización de residuos recuperados; y la

tarifa a cobrar por tonelada de residuos manejados para su disposición final. Se utilizará el valor de la UF = \$ 16.939,29 correspondiente al día 23 de julio de 2003.

Para el caso de los ingresos provenientes de la venta de material recuperado a empresas recicladoras u otros compradores, éstos se calculan a través de los volúmenes recuperados definidos en el punto anterior y los precios estimados durante los años de operación de la planta (vida útil).

En el caso de los ingresos provenientes por el tratamiento de residuos sólidos urbanos, se asumirá el valor que actualmente cobra el relleno sanitario “El Molle” más un delta de \$1.300 por tonelada. Esto es porque el valor de mercado por tratamiento y disposición final de RSU es de \$ 7.000 y como las únicas dos plantas de transferencia de Chile son muy diferentes a la que se propone en este estudio (por capacidad y forma de operar) no se pueden usar sus precios como referencia. Por consiguiente, se asumirá el precio de mercado para el tratamiento de una tonelada de RSU, es decir, a la municipalidad de Viña del Mar se le cobrará \$ 7.000 por cada tonelada que ingrese a la planta de transferencia<sup>5</sup>.

La tabla 8.7 muestra los ingresos percibidos por disposición final de los residuos producidos en Viña del Mar durante la vida útil (producción media anual total de RSU)

**Tabla 8.7** - Ingresos por disposición final de residuos durante la vida útil

año	Volumen a tratar	tarifa	Total
-----	------------------	--------	-------

<sup>5</sup> Se asumirá que el valor por disposición final en el vertedero “El Molle” se mantendrá en \$5300 pesos durante el periodo de análisis.

		(UF/ton)	
<b>2004</b>	120.925	0,41	49.971
<b>2005</b>	123.580	0,41	51.068
<b>2006</b>	125.910	0,41	52.031
<b>2007</b>	128.644	0,41	53.160
<b>2008</b>	131.047	0,41	54.153
<b>2009</b>	133.862	0,41	55.317
<b>2010</b>	136.340	0,41	56.341
<b>2011</b>	139.237	0,41	57.538
<b>2012</b>	142.179	0,41	58.754
<b>2013</b>	145.037	0,41	59.935
<b>2014</b>	147.953	0,41	61.140
<b>2015</b>	150.926	0,41	62.368
<b>2016</b>	153.960	0,41	63.622
<b>2017</b>	157.055	0,41	64.901
<b>2018</b>	160.327	0,41	66.253

Fuente: [Elaboración propia]

Las tablas 8.8, 8.9, 8.10, 8.11 y 8.12 muestran los ingresos percibidos por venta de residuos recuperados durante los 15 años de vida útil según la clasificación definida.



**Tabla 8.8** - Ingresos por comercialización de papel/cartón recuperados para la vida útil

año	Papel / Cartón		
	Volumen recuperado (ton)	Precio promedio (UF/ton)	Total
2004	1.058	3,84	4.061
2005	1.080	3,84	4.143
2006	1.188	3,84	4.557
2007	1.306	3,84	5.012
2008	1.437	3,84	5.514
2009	1.494	3,84	5.734
2010	1.554	3,84	5.964
2011	1.616	3,84	6.202
2012	1.681	3,84	6.450
2013	1.748	3,84	6.708
2014	1.818	3,84	6.977
2015	1.891	3,84	7.256
2016	1.967	3,84	7.546
2017	2.045	3,84	7.848
2018	2.127	3,84	8.162

Fuente: [Elaboración propia]

**Tabla 8.9** - Ingresos por comercialización de orgánicos recuperados durante la vida útil

año	Orgánico		
	Volumen recuperado (ton)	Precio promedio (UF/ton)	Total
2004	5.600	0,27	1.488
2005	5.600	0,27	1.488
2006	5.600	0,27	1.488
2007	5.600	0,27	1.488
2008	5.600	0,27	1.488
2009	5.600	0,27	1.488
2010	5.600	0,27	1.488
2011	5.600	0,27	1.488
2012	5.600	0,27	1.488
2013	5.600	0,27	1.488
2014	5.600	0,27	1.488
2015	5.600	0,27	1.488
2016	5.600	0,27	1.488
2017	5.600	0,27	1.488
2018	5.600	0,27	1.488

Fuente: [Elaboración propia]

**Tabla 8.10** - Ingresos por comercialización de vidrios recuperados durante la vida útil

año	Vidrio
-----	--------

	Volumen recuperado (ton)	Precio promedio (UF/ton)	Total
2004	1.567	1,36	2.131
2005	1.601	1,36	2.177
2006	1.631	1,36	2.218
2007	1.666	1,36	2.266
2008	1.697	1,36	2.308
2009	1.734	1,36	2.358
2010	1.766	1,36	2.402
2011	1.804	1,36	2.453
2012	1.842	1,36	2.505
2013	1.879	1,36	2.555
2014	1.916	1,36	2.606
2015	1.955	1,36	2.659
2016	1.994	1,36	2.712
2017	2.035	1,36	2.768
2018	2.077	1,36	2.825

Fuente: [Elaboración propia]

**Tabla 8.11** - Ingresos por comercialización de plásticos recuperados durante la vida útil

año	Plástico		
	Volumen recuperado (ton)	Precio promedio (UF/ton)	Total

2004	59	10,72	633
2005	163	10,72	1.748
2006	184	10,72	1.977
2007	283	10,72	3.033
2008	341	10,72	3.652
2009	525	10,72	5.625
2010	410	10,72	4.398
2011	471	10,72	5.050
2012	529	10,72	5.667
2013	582	10,72	6.241
2014	632	10,72	6.774
2015	678	10,72	7.263
2016	719	10,72	7.705
2017	755	10,72	8.095
2018	787	10,72	8.438

Fuente: [Elaboración propia]

**Tabla 8.12** - Ingresos por comercialización de aluminio recuperados durante la vida útil

año	Aluminio		
	Volumen recuperado (ton)	Precio (UF/ton)	Total
2004	328,19	28,54	9.366

2005	335,45	28,71	9.631
2006	341,72	29,12	9.951
2007	349,14	29,53	10.310
2008	355,74	29,94	10.651
2009	363,33	30,35	11.027
2010	370,10	30,77	11.388
2011	377,85	31,18	11.781
2012	385,94	31,59	12.192
2013	393,69	32,00	12.598
2014	401,61	32,41	13.016
2015	409,70	32,82	13.446
2016	417,95	33,24	13.892
2017	426,36	33,65	14.347
2018	435,05	34,06	14.818

Fuente: [Elaboración propia]

La tabla 8.13 muestra los ingresos totales provenientes de ambas fuentes para los 15 años de vida útil.

**Tabla 8.13** - Proyecciones de ingresos durante la vida útil.

Año	Ingreso por venta de material (UF)	Ingreso por tratamiento de RSU (UF)	Ingreso total (UF)
2004	17.679	49.971	67.650

<b>2005</b>	19.187	51.068	70.255
<b>2006</b>	20.191	52.031	72.222
<b>2007</b>	22.109	53.160	75.269
<b>2008</b>	23.613	54.153	77.766
<b>2009</b>	26.232	55.317	81.549
<b>2010</b>	25.640	56.341	81.981
<b>2011</b>	26.974	57.538	84.512
<b>2012</b>	28.302	58.754	87.056
<b>2013</b>	29.590	59.935	89.525
<b>2014</b>	30.861	61.140	92.001
<b>2015</b>	32.112	62.368	94.480
<b>2016</b>	33.343	63.622	96.965
<b>2017</b>	34.546	64.901	99.447
<b>2018</b>	35.731	66.253	101.984

Fuente: [Elaboración propia]

A través de los resultados obtenidos en el estudio realizado se puede afirmar que algunos materiales recuperados de los RSU tienen un mercado establecido en el país, lo que hace factible su comercialización. Por otro lado, existe un mercado internacional de reciclaje de residuos que hace que se abran nuevas posibilidades de comercialización de los desechos recuperados.

Si bien es difícil obtener información sobre el mercado nacional producto del poco desarrollo del tema medio ambiental, existen varias experiencias en el extranjero, lo que se puede presagiar hacia dónde apuntan los mercados nacionales.

Uno de los rumbos que puede tomar el mercado del reciclaje en Chile es el crecimiento de la recuperación de materiales producto de las oportunidades de negocio que ofrece un mejor tratamiento de los residuos que se originan en los centros urbanos, y como queda explícito en el análisis del mercado actual, grandes oportunidades se encuentran en la implementación de una planta de transferencia que recupere materiales para su comercialización, específicamente en la ciudad de Viña del Mar. No obstante, dichas oportunidades no sólo se limitan a la comuna bajo estudio, pudiendo encontrarse niveles similares de producción de basura, tarifas de disposición final y mercado en otros puntos del país, tal es el caso de las ciudades de Calama, San Antonio y La Ligua.

Luego del análisis de la demanda actual de los tipos de residuos que son factibles de recuperar, se visualiza que existe una clara oportunidad y, por ende, es posible estudiar los mercados compradores fuera del país para determinar si se puede recuperar más material del que se puede comercializar en nuestro país.

Por otro lado, se encuentra latente la posibilidad de que se abran nuevos mercados para materiales que no poseen compradores actualmente en nuestro país. Tal es el caso de latas de hojalata (conservas), neumáticos, otros tipos de plásticos y de residuos peligrosos (pilas, baterías, aceites, etc.).

La recuperación de materiales, en mayor escala a la actualmente realizada, permite el aprovechamiento de economías de escala, tanto en el transporte de los mismos como en la negociación de volúmenes y precios de compra.

Finalmente, como se analizó anteriormente tanto la demanda como los precios se mantienen estables o crecientes a lo largo de la vida útil definida para el Proyecto, esto hace que sea un mercado atractivo y apunte hacia un mayor desarrollo.



## **Parte 2 Estudio Técnico**

## 9 Selección de alternativa de solución

Para diseñar una planta de transferencia se debe integrar esta con el estilo de recolección de basura domiciliaria. Estos dos aspectos deben ser consecuentes por lo que las alternativas aquí presentadas comprenderán de dos componentes: estilo de extracción de RSU y grado de mecanización de la planta de transferencia. A continuación se detallan estos componentes.

### 9.1 Estilos de extracción de RSD

Esto se refiere a las formas que existen para extraer los desechos domiciliarios, las cuales son la recolección selectiva total o en grupos en acera (contenedores); recolección sin separación; recolección en puntos verdes; recolección de unicomponentes en acera; recolección selectiva total o en grupos casa por casa; utilización de contenedores grandes o pequeños; contenedores subterráneos, superficiales o móviles; o combinaciones de ellos:

Recolección selectiva total o en grupos en acera: Este tipo de recolección ocurre cuando se realiza una separación de los residuos *in situ*, es decir, en la misma ciudad ayudado por contenedores específicos para cada tipo de material. Esta separación puede ser total o en grupos. En la primera existen muchos contenedores donde se deja sólo lo que corresponde a cada uno (tipo de material), mientras que en la segunda, se utilizan dos contenedores, uno para orgánicos y otro para inorgánicos debido a que así los componentes inorgánicos o inertes no se contaminan con la humedad de los componentes orgánicos, haciendo más factible su reciclado. Este tipo de recolección necesita de una separación *ex situ* de menor escala y complejidad, o sea, una separación de las secciones inertes en la planta de transferencia.

Recolección selectiva total o en grupos casa por casa: Este modelo de extracción consta de la utilización de contenedores pequeños dentro de los hogares de la ciudad; si es total, se requiere el uso de muchos contenedores; mientras que si es en grupos necesita sólo dos. Las razones del número de contenedores y de la basura que se debe colocar en cada uno es la misma que en el punto anterior. Los camiones retiran ciertos tipos de material o grupos por día. Otro modo es el uso de camiones bimodales (dos tipos de materiales, separación por grupo) o hasta multimodales (varios compartimentos para cargar diferentes tipos de productos sin mezclarlos).

Recolección sin separación: Es la forma clásica de hacer la tarea de recolección. Un camión pasa y recolecta bolsas de basura en las que se mezclan todos los tipos de materiales. Estas pueden ser entregadas al camión o depositadas en los contenedores para dicho uso.

Recolección en puntos verdes: Recolección en lugares de fácil acceso al público donde se permite que las personas concurren y depositen en contenedores específicos para cada tipo de material la basura separada por ellos mismos. Por lo general existen más de dos de estos lugares por ciudad.

Recolección de unicomponentes en acera: Colocación de contenedores específicos para un tipo de material en lugares estratégicos de la ciudad (en las aceras) de modo que dé facilidades para que los habitantes puedan depositar los elementos compuestos por dicho material.

Tipos de contenedores: Éstos pueden ser de diferentes tamaños y colocados en distintas partes. Así como la recolección selectiva total o en grupos casa por casa requiere de contenedores pequeños, la que se hace en acera necesita de elementos mucho más grandes. Respecto al lugar de ubicación, los contenedores pueden ser superficiales (desventajas estéticas), subterráneos (ventajas estéticas pero dificultades técnicas y costos mayores) o móviles, estos últimos son camiones especiales con varios compartimentos (multimodales) que recorren la ciudad en días y rutas específicas y reciben los desperdicios separados por las personas.

Combinaciones: cada uno de estos modelos de extracción no es excluyente respecto a los demás, es decir, se pueden utilizar en partes de la ciudad un tipo de extracción mientras que en otra se ocupa una completamente distinta. Muchas veces los modelos son complementarios.

## 9.2 Grado de mecanización de la planta

El grado de mecanización depende del nivel de maquinaria que utiliza la estación de transferencia para realizar la separación de los RSU. Este puede ser automatizado, semiautomatizado o manual.

**Automatizado:** Las plantas con estas características usan gran cantidad de máquinas de diversas funcionalidades. Para separar los elementos presentes en la basura domiciliaria de una ciudad se utilizan imanes (herramientas electromagnéticas), cribas, cintas transportadoras, centrifugas, trituradoras, sistemas neumáticos, ciclones, entre otros. El nivel de mano de obra utilizada es bajo.

**Semiautomatizado:** Es cuando existen en coordinación y complemento elementos tecnológicos y personas trabajando. Los primeros generalmente hacen una separación primaria de los RSU para que luego, mientras pasan por la cinta transportadora, las personas terminen de seleccionar los materiales.

**Manual:** No existe la presencia de máquinas automáticas que ayuden al proceso de separación. Puede llegar al extremo de que no se posea ni siquiera una cinta transportadora por lo que los trabajadores deben hurgar en la basura acumulada en el piso repartida en grandes extensiones de terreno, separando los materiales factibles de reciclar.

Tomando en cuenta la realidad local, en conjunto con factores críticos de operación mencionados anteriormente, se visualizan las siguientes alternativas que son factibles para separar residuos.

## **9.3 Alternativas de solución**

### **9.3.1 Separación ex situ y planta automatizada**

Esta alternativa combina una recogida sin separación con una planta de transferencia completamente automatizada.

Respecto a la recogida, ésta se elige debido a que la población no está interesada aún en participar en programas de reciclaje en forma absoluta, no hay convicción en ella de que es bueno reciclar y, por consiguiente, separar la basura que se genera por ellos mismos de manera masiva. Por tal motivo se mantiene el tipo de extracción de RSU tradicional, en otras palabras, juntar la basura de todos tipos dentro de una bolsa plástica y entregarla al camión recolector o depositarla en los contenedores dispuestos para ello. Con esto se produce un flujo muy heterogéneo de basura, el cual, a parte de ser más difícil de separar, puede contaminar muchos materiales que son posibles de reciclar, obteniendo, por consiguiente, menor calidad y cantidad de material reciclado.

Para esta situación es adecuada una planta que tenga una gran cantidad de maquinaria para poder llevar a cabo la separación de los materiales. Primero se debe recepcionar la basura, esto se puede hacer directo a una cinta transportadora, al muelle de descarga (parte del suelo de la estación que está debidamente impermeabilizada), en una bivalva (canaleta) o en una tolva cónica. Las dos últimas se utilizan cuando el ingreso de

basura a la planta es mayor que el tiempo de proceso de ella mientras que la que usa el muelle de descarga necesitará maquinaria pesada (tractores, retroexcavadoras, etc.) para ingresarla al proceso de selección. Se pasa luego a una selección primaria que sirve para desviar materiales voluminosos como neumáticos, baterías ácidas de plomo y electrodomésticos los que se llevan a una etapa de evacuación o reciclaje de ellos (especialmente los neumáticos), además se desvía material visible como cartón y metales férreos de gran tamaño. Después de este primer paso, la basura entra a un trómel (criba giratoria, horizontal y cilíndrica) en el cual se selecciona el material por tamaños. Ésta puede tener unas cuchillas acopladas por el interior permitiendo romper las bolsas donde se encuentra la basura y reducir de tamaño algunos artículos como el vidrio, el cual al estar cayendo desde la parte superior de la criba (al ser elevado en las cuchillas mencionadas) se va moliendo para finalmente salir seleccionado desde el trómel. Esta máquina contiene agujeros circulares a lo largo de su carcasa lo que permite que, mientras gira la criba, los materiales de pequeño tamaño como latas de aluminio, botellas, orgánicos y otros salgan del trómel y sean así separados del resto de los residuos. La fracción fina es llevada luego a una zona de evacuación donde se separarán por materiales. Con el material que no fue retirado del flujo inicial se pasa por imanes para recuperar metales férreos, los que son llevados a embaladoras donde se juntan con el material férreo de gran tamaño que llegaron de la selección primaria. Siguiendo el proceso la carga de residuos pasa por un detector de metales con aire forzado (sistemas neumáticos), el cual separa metales y lleva a estos últimos a una separación de Corriente *Foucault*, por ejemplo, el que está diseñado para separar metales no férreos induciendo campos magnéticos repulsivos que expulsan a estos materiales, logrando así su separación. Posteriormente se llevan los residuos restantes a una zona de selección de plásticos donde se separan los tipos de materiales requeridos para reciclaje (dependiendo de lo que se quiera recuperar) los que van a dar a trituradoras o embaladoras. El resto de materiales plásticos que no se recicla puede llegar a un densificador el cual creará granos de combustible que se venden a las plantas incineradoras o ir a vertederos. En todas las selecciones pueden existir rechazos los que pueden convertirse en combustible o ir a disposición final. Un diagrama de flujo de esta alternativa se presenta en la figura 9.1.

En este proceso de separación se crean flujos de salida diferenciada de todos los tipos de materiales. Muchos de ellos para disminuir los costos de transporte son disminuidos de tamaño vía embaladoras, molinos, trituradoras o densificadores.

Un ejemplo de este tipo de proceso es el Sistema *Buhler/Reuter* el cual tiene una capacidad de 200 toneladas diarias y se encuentra en utilización en plantas de transferencia como la ubicada en *Eden Prairie, Minnesota, EEUU*.

### **9.3.2 Separación en grupos y planta semiautomatizada**

Para este caso, las personas en la ciudad entregan sus residuos clasificados en dos grupos: orgánicos e inorgánicos. Estos grupos llegan a las estaciones de transferencia e ingresan a ella por diferentes partes, lo cual facilita la separación, recuperación y reciclaje de los residuos.

En lo que se refiere a la separación de la basura en la ciudad o comunidad, ésta se hace en dos grupos debido a la imposibilidad por tamaño, estética o espacio utilizado al utilizar una mayor cantidad de contenedores, ya sea interno al domicilio o en la acera. Además, si la población no es muy participativa, es posible que este tipo de separación se realice puesto que es mucho más fácil de llevar a cabo que hacerlo por cada tipo de material, logrando que participen en el programa de reciclado. El retiro de la basura puede hacerse en camiones bimodales o por diferentes camiones recolectores ya sea en el mismo día o en días alternados.

El proceso comienza con el ingreso de los materiales por diferentes sectores de la planta. Nuevamente si el nivel de residuos ingresado supera el tiempo de proceso de ella, puede acumularse éste en bivalvas, tolvas o muelles de descarga.

El material orgánico entra a la estación, se revisa para asegurar que no existan contaminantes en el flujo y luego se disminuye su tamaño a través de molinos. El material conseguido es mandado a plantas de compostaje.

Por su parte, la materia inerte entra a la estación y se utilizan para su separación tromeles, sistemas neumáticos y sistemas magnéticos (electroimanes y sistema de *Foucault*). Por lo general al venir ya diferenciada de la materia orgánica, no se ocupan todos los sistemas señalados, aumentando las personas que trabajan en la planta y que, a través de una cinta transportadora que lleva los residuos inertes, separan los elementos usando su vista. Los materiales separados, al igual que en caso anterior, se disminuyen sus tamaños usando embaladoras, trituradoras y densificadores. El diagrama de flujos de esta alternativa se presenta en la figura 9.2 en la página siguiente.

Figura 9.1 – Diagrama de flujos de una planta automatizada



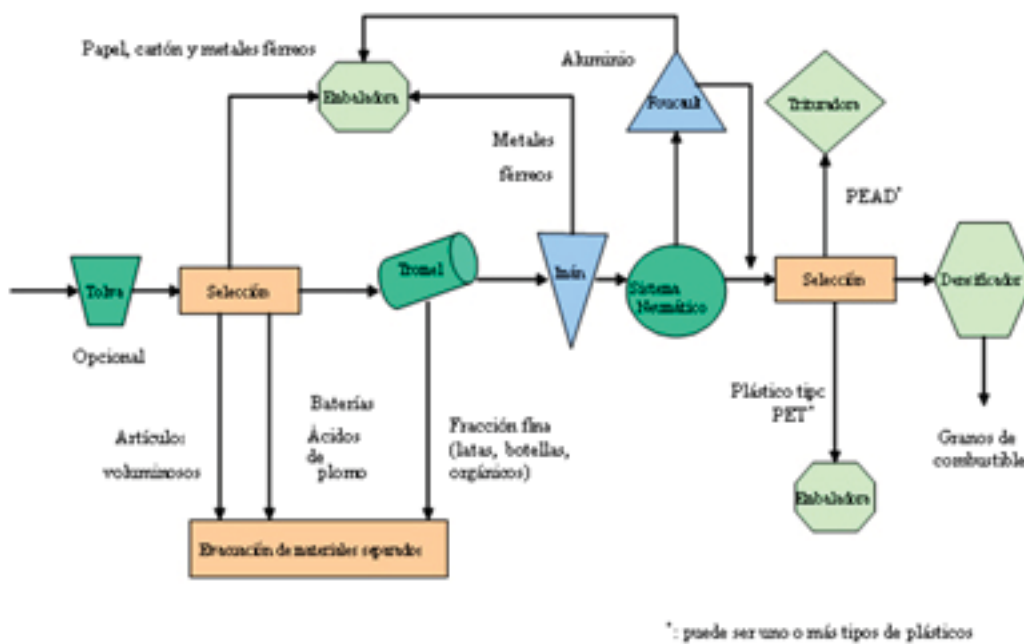
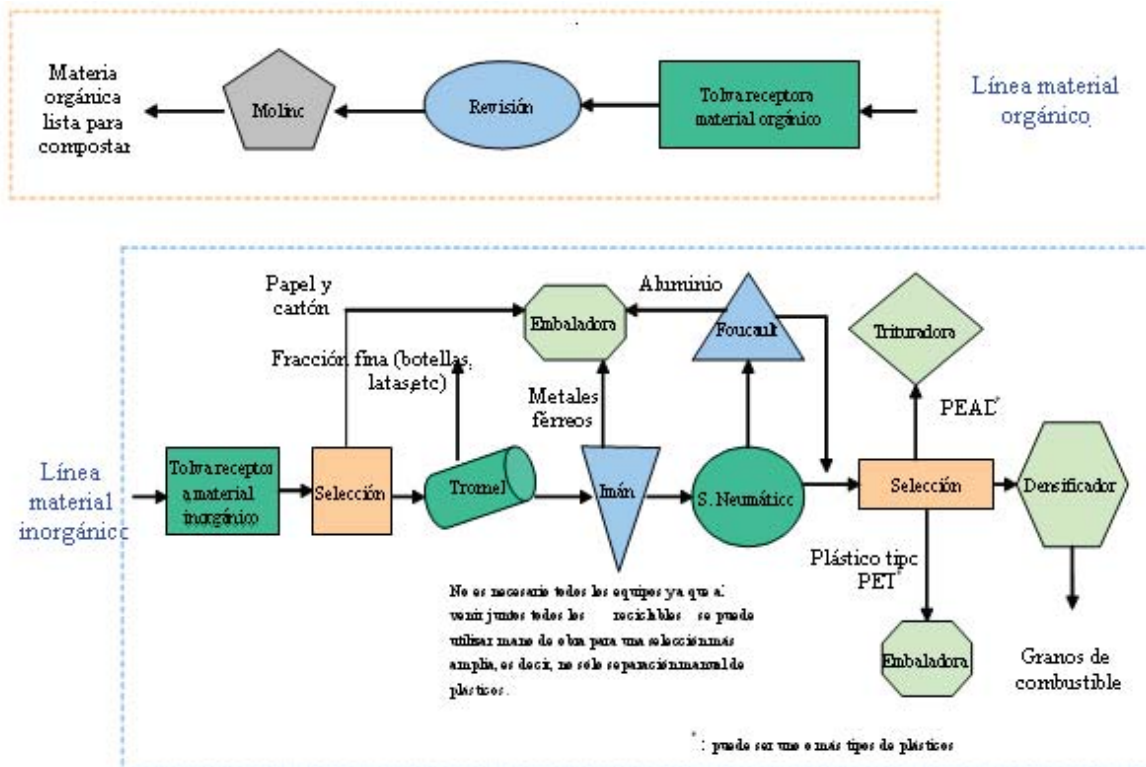


Figura 9.2 – Diagrama de flujos de una planta semiautomatizada



### 9.3.3 Separación *in situ* y planta manual

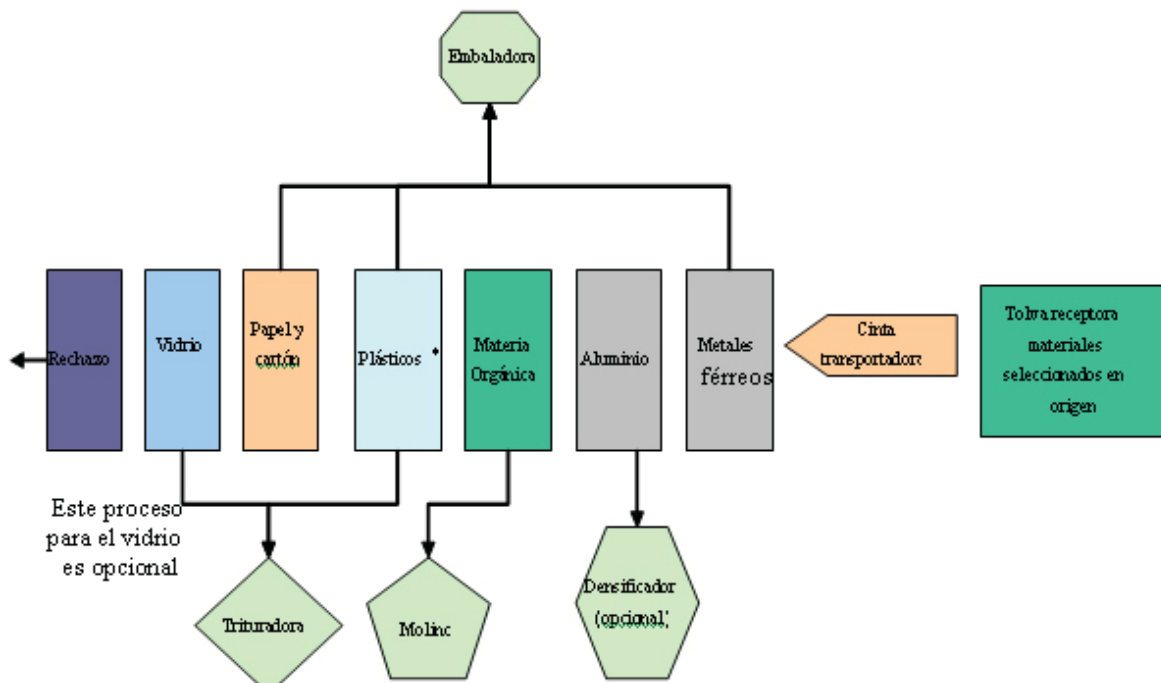
En esta opción se utiliza una separación completa de los materiales en la ciudad o comunidad, ya sea en acera o interna a las casas. Este flujo diferenciado permite que la planta de transferencia no requiera máquinas para su separación, sino solamente para disminuir el tamaño del material recuperado de modo de disminuir los costos de transporte de éstos.

Si la población está motivada con los programas de reciclaje se puede realizar una separación *in situ* completa. Para esto se da a conocer los beneficios de separar la basura tanto para los habitantes como para el medio ambiente. Este tipo de recogida está muy ligada a una adecuada educación ambiental que permita a las personas conocer los problemas ambientales producidos por el mal uso de recursos naturales y la creación de vertederos y rellenos sanitarios. También puede tener incentivos económicos el programa para así aumentar la motivación de las personas. Esto se puede hacer con disminución de tarifas de aseo o incluso la anulación de ella si se separa la basura, mientras que el precio que se deba pagar, si no se separan sus desechos, sea bastante mayor. Este tipo de diferenciación de tarifas de aseo se lleva a cabo exitosamente en Suiza, por ejemplo. En otras partes del mundo, como en Curitiba (Brasil), se usa otro tipo de incentivo. Si las personas separan sus desperdicios como el municipio ha pedido, al final del mes este último le hará entrega de paquetes con alimentos con un valor igual a la tarifa de aseo. En sectores de bajos recursos de dicha ciudad el programa ha sido exitoso. Los camiones usados para la recolección de desechos pueden ser multimodales (varios tipos de compartimentos para diferentes materiales) o camiones recolectores que se alternen en los días de recogida.

Al llegar a la estación de transferencia una basura completamente separada, con flujos por material muy homogéneos, permite la posibilidad de disminuir la maquinaria necesaria para separar. Así sólo se necesitarán cintas transportadoras para que personas clasifiquen los materiales de la forma necesaria para ser vendidos y reciclados, es decir, el papel en sus diferentes tipos, el vidrio en sus distintos colores, el plástico dependiendo de sus componentes, etc. Eso sí, requerirá máquinas que disminuyan su tamaño y aumenten su densidad para optimizar el transporte de los materiales recuperados hacia las plantas recicladoras. Este diagrama de flujos de esta opción se presenta en la figura 9.3.

Un ejemplo de este tipo de instalaciones es la planta de transferencia que existe en la provincia de Cantabria, España.

Figura 9.3 – Diagrama de flujos de una planta manual



\* Dependiendo del tipo de plástico va a embaladora o trituradora.

## 9.4 Análisis de prefactibilidad

Las alternativas propuestas para implementar una política de recogida y tratamiento de la basura en la ciudad de Viña del Mar son distintas y no se puede realizar un estudio económico acabado de cada una de ellas por el alto costo en tiempo que significaría, por lo que se definirá un criterio de prefactibilidad que analizará aspectos cualitativos y cuantitativos de las opciones para poder elegir la mejor de ellas.

Para la determinación de este criterio se consultó con expertos en el tema de manejo de residuos así como de manejo de materiales, a fin de utilizar conceptos relativos a los temas mencionados y aprovechar la experiencia de dichas personalidades.

Marcel Szantó, director de la Escuela de Ingeniería en Construcción de la PUCV y experto en temas medio ambientales, señaló que "...el manejo de la basura dentro de una planta de transferencia con recuperación de materiales requiere, dependiendo de cómo ingrese a ella, de cierto número de maquinaria como son cintas transportadoras, trómeles (harneros), molinos, embaladoras, entre otros. Por tal motivo aspectos que debieran estar dentro de un criterio de prefactibilidad son la energía consumida, la flexibilidad para adaptarse, la valorización de los materiales a separar, y la cantidad de residuos que se tratarán..."[Szantó03].

A su vez José Ceroni, experto en manejo de materiales de la Escuela de Ingeniería Industrial de la PUCV, afirmó que "...las alternativas de configuración de la planta no son tan disímiles en lo que se refiere a aspectos técnicos, por lo que un criterio de prefactibilidad para este estudio debe tomar en cuenta la cantidad de desperdicios a tratar por día y el costo de inversión de equipos necesarios para cumplir con la separación...,eso

sí, la configuración de las máquinas necesarias para la separación de materiales reciclables está muy ligada a la forma en que llegan los residuos a la planta, por lo que el criterio debe tener en cuenta las probabilidades que existen en la ciudad de Viña del Mar para que se lleve a cabo separación *in situ*, en grupos o solamente *ex situ*..."[Ceroni03].

Por tales motivos el criterio de prefactibilidad que comparará las alternativas tendrá que analizar características cualitativas y cuantitativas. Dentro del primer grupo se estudiará la probabilidad de ocurrencia de los diferentes tipos de separación de materiales (respecto a lo que hace la ciudadanía); la flexibilidad de la configuración de máquinas y elementos para adaptarse a los cambios en la forma en que ingresa la basura a la planta. Para el segundo grupo, es decir, las características cuantificables se analizarán las opciones con base en la cantidad de RSU entrantes a la planta por día; la cantidad que se requiere separar; la energía aproximada consumida por la configuración de maquinaria y costos de inversión en maquinaria en forma generalizada.

Dentro de todos estos aspectos existen algunos más importantes que otros. Es el caso del tipo de separación que la ciudadanía haga con sus residuos. Esta característica cualitativa es la más importante ya que cada alternativa de planta de transferencia está ligada a una forma distinta de separación de RSD. Tanto el *layout* como la maquinaria y personal que trabajen en la planta dependerá de este factor y un cambio en él deberá conllevar una adaptación de los procesos que se efectúan en el interior de la estación. Por tal motivo un análisis de la idiosincrasia de la población de Viña del Mar permitirá determinar cuál forma de separación es la más probable que la ciudadanía esté dispuesta a hacer.

Si bien las opciones planteadas son diferentes, ellas en el aspecto de maquinaria no son muy diferentes por los que se estudiará el costo de inversión en equipos y el gasto

energético de ellas a través de un análisis de los Costos Anuales Uniformes Equivalentes (CAUE). Además, los ingresos que se estiman en el estudio de mercado no varían para las diferentes alternativas ya que el nivel de separación calculado y de basura a manejar en la planta es constante para todas las alternativas.

La adaptabilidad de la planta tanto en el aspecto del *layout* como de la maquinaria es otro factor cualitativo e importante debido a que la población, al abrirse instalaciones de este tipo y en conjunto con campañas de educación ambiental, se va concientizando sobre los beneficios de reducir los desperdicios, reutilizar elementos y reciclar materiales por lo que, luego de un tiempo en que el proyecto esté en marcha, la forma de separar los desperdicios domiciliarios puede variar por lo que el diseño inicial de la planta puede convertirse en ineficaz. Los elementos de la planta deben tener una flexibilidad para poder cambiar los procesos de separación y manejo de residuos dentro de la estación para así adaptarse a los cambios en el medio externo. Como en este criterio de prefactibilidad el aspecto cualitativo es imprescindible, la decisión de la alternativa a implementar no estará exenta de riesgo y se basará en la probabilidad de los diferentes métodos de separación de basura por parte de la sociedad (*in situ*, *ex situ*, o en grupos).

A partir de las tres alternativas de solución para la implementación de una planta de recuperación de residuos sólidos urbanos definidas en el capítulo 9, se configuran tres sistemas con los elementos y máquinas necesarias según la orientación de cada alternativas: separación de desechos *ex situ* (en la planta en su totalidad), en dos grupos (desechos orgánicos e inorgánicos) e *in situ* (separación de desechos en el lugar de origen).

#### **9.4.1 Análisis cuantitativo de alternativas**

Como se mencionó en el punto anterior, las tres alternativas a analizar están sujetas al comportamiento del mercado, y cualquier alteración de éste, en cuanto a demanda de material recuperado y precios se refiere, afectará los ingresos estimados para la planta. Por otro lado las configuraciones de máquinas y elementos de las instalaciones de las alternativas a analizar presentan similitudes lo que hace que sus costos de inversión inicial también lo sean. Ante esto un análisis de costos anuales uniforme equivalentes es la mejor forma de determinar cuál de las alternativas resulta más atractiva para materializarse desde el punto de vista cuantitativo.

De toda la implementación que requieren las alternativas propuestas, existen elementos que hacen la diferencia entre ellas, por lo tanto, estos elementos se considerarán en el análisis CAUE con tal de estudiar sólo las diferencias de los sistemas, dejando fuera los elementos repetitivos en las configuraciones de las alternativas ya que presentan el mismo costo en todas las opciones.

La cantidad de material a separar se determinó en el estudio de mercado y para efectos de dimensionamiento de equipos y elementos de la planta se utilizó el volumen de residuos del quinto año de operación. Esto es porque en este año se considerará realizar una inversión según el desarrollo del mercado, ya que éste presenta bastante incertidumbre por ser una iniciativa nueva. Por otro lado, la cantidad de residuos que ingresa a la planta a través de sus sistemas de recepción se obtienen a partir de los volúmenes estimados en el análisis desarrollado en el capítulo 5, es decir, se generan 364 toneladas diarias de residuos en la comuna en el año 2008 (quinto año de operación) de las cuales se determinó la composición de ella y de esta forma se puede obtener la cantidad estimada de cada tipo de desecho que ingresa a la planta que logre satisfacer la demanda estimada del año. En consecuencia, los valores de los elementos de cada sistema se determinan a partir de los flujos que deben atender.

Los siguientes factores determinan las diferencias entre los sistemas:

Cantidad de cintas transportadoras y su largo aproximado.  
Cantidad de trómeles.  
Cantidad de molinos.  
Consumo de energía eléctrica.

Por otro lado, los elementos que son comunes en los sistemas son los siguientes:

Embaladora.  
Sistema de evacuación de material rechazado.  
Sistema de evacuación de material recuperado.  
Sistema de recepción de residuos para separar  
Oficinas, vías, obras básicas, etc.

Por cuanto el terreno, la flota de camiones y permisos se consideran similares para todas las alternativas ya que la planta estará manejando el mismo flujo de residuos en cualquiera de ellas. También se excluye del análisis otros costos como lo son el de mano de obra operativa (el personal se destina principalmente a las mismas tareas en cada alternativa y el número de ellos es similar), instalaciones básicas, sistemas de seguridad, sistema de manejo de olores, entre otros por representar un costo menor al de los elementos listados anteriormente.

Los costos aproximados de los elementos que se incluirán en el análisis fueron obtenidos a partir de cotizaciones a empresas fabricantes/distribuidoras y la literatura especializada tomando como base los flujos de residuos que deben manejar. Los costos más importantes de cada alternativa se muestran en las tablas siguientes.



**Tabla 9.1** – Costos de alternativa 1 (separación *ex situ*)

<b>Costos de inversión</b>			
<b>ítem</b>	<b>Valor unitario (UF)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (UF)</b>
Cinta	578,9	3 unidades	1736,7
Trómel	437,2	1 unidad	437,2
<b>Costos de operación anual</b>			
<b>ítem</b>	<b>Valor unitario (UF)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (UF)</b>
Mano de obra	144	29 hombres	4176
Consumo energía	0,0035	103680 Kwh	362,88

Fuente: [Mies03, Lund96]

**Tabla 9.2** – Costo de alternativa 2 (separación en grupos)

<b>Costos de inversión</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Valor unitario (UF)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (UF)</b>
Cinta	578,9	1 unidad	578,9
Loza Trasvasije	886	1 unidad	886
Molino Martillo	1033,8	1 unidad	1033,8
<b>Costos de operación anual</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Valor unitario (UF)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (UF)</b>
Mano de obra	144	29 hombres	4176

Consumo energía	0,0035	77760 Kwh	272,16
-----------------	--------	-----------	--------

Fuente: [Mies03, Lund96]

**Tabla 9.3** – Costo anual de alternativa 3 (separación *in situ*)

<b>Costos de inversión</b>			
<b>Item</b>	<b>Valor unitario (UF)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (UF)</b>
Cinta	578,9	1 unidad	578,9
Loza Trasvasije	886	1 unidad	886
Molino Martillo	1033,8	1 unidad	1033,8
<b>Costos de operación anual</b>			
<b>Item</b>	<b>Valor unitario (UF)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (UF)</b>
Mano de obra	144	22 hombres	3168
Consumo energía	0,0035	77760 Kwh	272,16

Fuente: [Mies03, Lund96]

Para realizar los cálculos matemáticos del análisis CAUE se considerará que los equipos y elementos tendrán valor residual nulo al final de la vida útil del Proyecto, la cual se definió como 15 años de operación de la planta. Se utilizará la tasa bancaria convencional de 13% anual, valor obtenido del Ministerio de Planificación.

La siguiente tabla (9.4) muestra los costos más importantes (valor base para el análisis CAUE) y el costo anual uniforme equivalente de cada alternativa:

**Tabla 9.4** – Costo Anual Uniforme Equivalente de alternativas

Alternativa	CAUE (UF)
Sistema separación ex situ	-4577,58
Sistema separación en grupos	-4492,64
Sistema separación in situ	-3484,64

Fuente: Elaboración propia

Si bien la tabla anterior muestra que la alternativa más conveniente desde el punto de vista económico es una planta con instalaciones de recuperación para residuos separados *in situ* con un costo anual uniforme equivalente igual a 3.484,64 UF, esto no es suficiente para determinar la mejor opción ya que el factor cualitativo es predominante en la decisión.

#### 9.4.2 Análisis cualitativo de alternativas

Para analizar la forma más preferida para separar la basura por parte de la comunidad de Viña del Mar se debiera realizar una encuesta estratificada para poder recopilar información estadísticamente fundamentada. En ella se recopilaría información sobre la motivación de la ciudadanía para apoyar una campaña de reciclaje, la forma de separación de basura a utilizar (*in situ*, *ex situ*, en grupos), los beneficios que exigiría la población para participar en el programa, entre otros.

Aunque encuestas de este tipo no se han realizado (respecto a los RSU en sí y su separación en materiales como cartón, papel, vidrio, etc.), si se han llevado a cabo dos

encuestas que son de utilidad para determinar el modo más óptimo, según la idiosincrasia de la población de Viña del Mar, de separación de RSU por parte de la ciudadanía. La primera de ellas es un taller de estadística preparado en la PUCV en que se analizan tipos de recogida para extracción de residuos domiciliarios peligrosos. El segundo de ellos es una encuesta sobre el manejo de los RSU en edificios de la comuna en estudio, realizado por una alumna tesista de la PUCV.

Los resultados de las encuestas mencionadas se encuentran en el anexo 9. El resultado de ellas proporciona información sobre las formas de separación de residuos que los habitantes de Viña del Mar preferirían o están dispuestos a realizar.

Otro factor cualitativo importante de analizar es la flexibilidad que posean las configuraciones de los sistemas con tal de hacer frente a posibles variaciones en la cantidad de flujos de residuos sólidos urbanos producto de ampliar la recepción de desechos a otras comunas, aumento en el volumen de material reciclado por cambios en los mercados o para manejar otro tipo residuos como por ejemplo residuos peligrosos, agrícolas, etc.

En este sentido todas las alternativas quedan sujetas a la ubicación de las instalaciones con tal de que exista la posibilidad de ampliar, mover o cambiar la estructura de las mismas. Sin embargo, cada sistema posee distintos números de máquinas y tipos de ellas, lo que hace que la capacidad de adopción sea distinta para cada alternativa. Si bien la ubicación de las instalaciones incide en la flexibilidad de las mismas, el terreno será común para todas, en consecuencia, dicho factor se verá alterado por el tamaño de los equipos, el número de ellos y la posibilidad de venta de las máquinas.

Para el caso de la primera alternativa, la de separación *ex situ*, existe la posibilidad de que el comportamiento de la población en lo que respecta a la separación de los residuos en el lugar de origen sea positiva, tal es el caso de la proliferación de contenedores destinados a recolectar vidrios y papeles. Lo anterior hace que una instalación destinada a la separación completa de los residuos tenga equipos y capacidad ociosa. Por ejemplo, si los materiales se ingresan separados a la planta, el trómel no sería necesario para la selección de desechos y dos de las tres cintas transportadoras estarían demás. Por otro lado, si los volúmenes de residuos que ingresan a la planta crecen producto de la recepción de residuos de otras comunas, la capacidad de separación sería insuficiente teniendo que pasar basura directamente al sistema de evacuación de rechazo sin pasar por los mecanismos de recuperación, lo que no se alinearía al objetivo de reducir los niveles de desechos que van al vertedero. Además, si por alguna razón se desea vender el trómel o redestinar la labor que realiza, éste está diseñado para un determinado volumen de operación por lo que no siempre su venta será fácil o su reutilización deberá estar sujeta a la capacidad definida por su diseño físico.

El sistema configurado para atender residuos separados en dos grupos, posee dos líneas de atención lo que hace que pueda adecuarse independientemente a cambios en los mercados de cualquiera de los dos grupos. Por ejemplo, si crece la demanda por residuos orgánicos para la fabricación de compostajes para abono de tierras (mercado que tiene grandes oportunidades de crecimiento), es posible instalar otro molino o bien despachar el material orgánico sin uniformizar su tamaño. Por otro lado, dependiendo de los cambios que se puedan producir, los sistemas se pueden destinar a la misma tarea, es decir, sólo para material orgánico o sólo para materiales inorgánicos ya que las cintas de transporte pueden realizar ambas actividades.

Finalmente, para el caso de la separación *in situ*, los elementos utilizados en la configuración de este sistema es simple, por lo que resulta bastante flexible ante cambios en

la demanda y volúmenes de trabajo. Lo anterior confluente a que los elementos existentes son los mínimos utilizados para la recuperación de materiales ya que éstos ingresan ya separados a la planta y sólo se requiere implementar más equipos o utilizar los dispuestos más tiempo para adecuarse a nuevos escenarios de trabajo.

Es importante señalar que para efectuar separación *in situ*, ya sea en grupos o separación por tipo de residuos, se debe realizar una campaña de concientización y formas de realizar dichas tareas. Esto es relevante si se toma en cuenta que las configuraciones de las alternativas dos y tres (en grupos e *in situ* respectivamente) son similares, la diferencia radica en que para el segundo caso la campaña debe ser más profunda y tomará más tiempo en que se produzcan los resultados esperados. Esto se explica porque el nivel de conocimiento y la actitud de los habitantes aún no es muy marcado hacia una orientación de reciclaje de materiales. Según el libro “Manual McGraw-Hill del Reciclaje” [Lund96], concientizar a la población sobre la separación *in situ* de materiales toma a lo menos 10 años en una economía estable. A esto se suma, que no todas las personas poseen los recursos para comprar mayor cantidad de receptáculos o bolsas para disponer los desechos en forma separada. Una solución para ello es incentivar la separación a través de disminución de las tarifas de retiro de basura o bonos por separación. Pero según los resultados del estudio de mercado, el volumen de venta de materiales recuperados es mínimo por lo que resultaría poco atractivo económicamente realizarlo.

## 9.5 Alternativa seleccionada

Los resultados del análisis CAUE muestran que la alternativa que representa los menores costos principales de inversión y operación es implementar una planta que trate los residuos que sean separados *in situ*, es decir, en el lugar donde se originan (viviendas,

centros comerciales, etc.). Sin embargo, para tomar una decisión inteligente se debe considerar la variable cualitativa de los sistemas estudiados cuantitativamente.

Uno de los factores cualitativos más importantes es el tiempo de aceptación y la capacidad económica y psicológica que tenga la población de comenzar a realizar la separación de los residuos susceptibles a ser destinados al reciclaje por sí mismos

En este sentido, comenzar con un programa que fomente la separación *in situ* de los RSU tomaría un tiempo considerable (superior a 10 años según la literatura especializada), lo que no ayuda a resolver la problemática actual de la generación creciente de los desechos urbanos en contraparte a la continua disminución de la capacidad de recepción de los vertederos y rellenos sanitarios de las comunas, el aumento de los problemas ambientales y de espacio para ubicar nuevas instalaciones de disposición final de basura.

Sin embargo, existen porcentajes considerables de instalaciones (edificios y aceras) que pueden ser destinados a una separación en grupos, por lo que esta alternativa resulta factible de realizar en la comuna de Viña del Mar. Además, ya existen algunas experiencias de recolección selectiva que demuestra que la población puede comenzar a realizar una separación básica de residuos (orgánicos e inorgánicos) con los mismos recursos e infraestructura existente.

Una alternativa para realizar la separación por grupos es diferenciar por días la recolección de cada grupo de residuos, por ejemplo, dos días en la semana se retirarán residuos inorgánicos y el resto de los días de recolección los desechos orgánicos producidos. En este sentido Cristián Salazar, ingeniero de Cosemar S.A.(empresa que tiene la concesión del 60 % del retiro de basura de la ciudad de Viña del Mar), señaló que "...la empresa puede

perfectamente apoyar la idea de recolección en dos grupos ya que posee la capacidad de conseguir contenedores diferenciados y con tapas trabadas, de modo de impedir que los cartoneros y cachureros roben o trajinen la basura depositada por los habitantes en los contenedores de la empresa...". Esto implica que la alternativa de separación en dos grandes grupos de materiales es factible de llevar a cabo en la zona de estudio.

Desde el punto de vista económico, la alternativa de separación y recolección por grupos, aunque resulta más costosa que la separación *in situ*, incurre en un costo anual uniforme equivalente menor a una separación *ex situ*, por lo que resulta una alternativa conveniente en este sentido.

Dado lo anterior, se puede afirmar que según las condiciones cualitativas y cuantitativas de la producción, recolección y actitud de la población en cuanto a los RSU, la mejor alternativa es la de separar los residuos en dos grupos: desechos orgánicos y desechos inorgánicos.

Tomando en cuenta esta decisión, la planta de transferencia que propondremos estará diseñada para atender basura separada en dos grupos (orgánico e inorgánico) y la disposición final de la basura que no se reciclará será el relleno sanitario El Molle.



## **10 Proceso Productivo**

La planta de transferencia tendrá dos líneas productivas diferentes, pero algunos de los elementos y procesos de la estación son comunes para ambas líneas, por lo que la metodología será analizar y describir los aspectos comunes; las dos líneas productivas; los insumos y productos obtenidos en el proceso y la determinación de los servicios externos necesarios.

### **10.1 Aspectos comunes de las líneas**

Todo camión o vehículo que deba entrar a la planta debe ser pesado cuando ingresa y sale para poder calcular el peso de los residuos que dejó en la estación. Por este motivo no sólo se realiza un proceso de pesaje sino que se identifica el camión o vehículo que está ingresando y saliendo. Además para no complicar las maniobras del camión recolector ni entorpecer los procesos que existen dentro de la estación debe haber un lugar para que los peonetas de los camiones descansen y esperen mientras el camión vuelve a salir. Si bien los camiones de recolección de Cosemar sólo llevan a uno de ellos, los municipales llevan entre 4 y 5 por lo que deben esperar en la zona de descanso, en la entrada de las dependencias de la planta.

Respecto al funcionamiento de las líneas, ambas al ser focos de contaminación deben ser limpiadas diariamente. Esto trae consigo que se genere un volumen diario de residuos industriales líquidos (Riles), por efecto de la utilización de agua a presión para lavar la planta, y ellos se deben tratar.

Por todo lo explicado, los procesos comunes para los camiones como los que lo son para las líneas se explicarán a continuación:

### 10.1.1 Camiones y vehículos

#### Seguridad

Deben existir guardias de seguridad que impidan el ingreso a la estación de transferencia a cualquier persona no autorizada (cartoneros, cachureros, transeúntes, etc.), además de velar por la seguridad de los peonetas que esperan en la zona de descanso. Para ello se requiere de una caseta y una barrera levadiza.

#### Identificación

Los camiones como vehículos que ingresen deberán identificarse llenando una planilla donde se incluye, entre otros datos, la empresa a la cual pertenece, el tipo de carga, la patente del vehículo y el nombre del chofer. Dicha planilla será llenada finalmente por el personal de pesaje.

#### Pesaje de camiones

Todo camión recolector como vehículo particular debe ser pesado antes de permitirle el acceso a las zonas de descarga. Para ello el personal de pesaje, luego de identificar al vehículo (paso anterior), le señalará el momento en que debe ingresar a la báscula y cuando debe bajar de ella, además de informarle hacia qué línea de proceso debe dirigirse, otorgándole luego de eso el permiso para ir hacia un área de descarga directa determinada.

Después de que el camión recolector haya dejado su carga, volverá a la zona de pesaje donde subirá nuevamente a la báscula para medir así la tara del camión y poder calcular el peso de la carga entregada. Al finalizar la medición (mismo proceso de pesaje que el de entrada) recibirá de manos del personal de pesaje el comprobante que indica los datos de la descarga del camión (cantidad, hora de ingreso y salida, etc.).

Para todo el proceso se requiere de una caseta de pesaje, una báscula y un terminal computacional.

### 10.1.2 Líneas

#### Limpieza

La limpieza de las zonas de descarga así como de la zona de separación (tolva, mesas, cintas, etc.) debe ser diaria y se debe utilizar agua a presión. Cuadrillas de trabajadores barrerán las lozas de las zonas de descarga de la Línea de Separación (selección o recuperación de materiales) como de la Línea de Transferencia con ayuda de escobillones y mangueras. La tolva de recepción debe ser limpiada con permanganato de magnesio al igual que las mesas receptoras. El suelo de la zona de separación debe recibir una limpieza similar a la que se le hacen a las zonas de descarga.

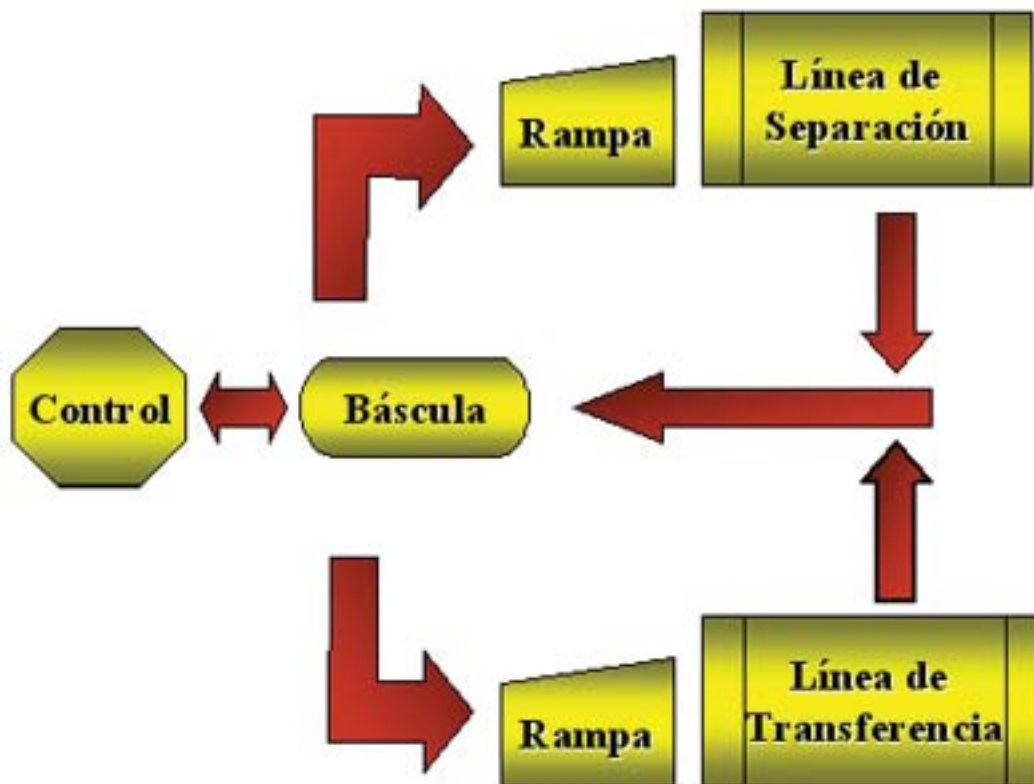
#### Tratamiento de Riles

La estación de transferencia no tendrá una planta de tratamiento de Riles sino que enviará dichos líquidos al relleno sanitario de “El Molle”, el cual posee una planta de tratamiento de líquidos lixiviados. Para ello la estación debe tener un sistema de canalización de

líquidos (en ambas líneas) y un estanque acumulador, el cual debe ser vaciado por un camión aljibe contratado, el que cargará estos Riles y los llevará al relleno sanitario.

Un flujograma general del proceso productivo dentro de las instalaciones se muestra en la figura 10.1.

**Figura 10.1** - Flujograma general de la planta de transferencia.



## 10.2 Línea de separación

El camión recolector, luego de ser pesado y destinado a la Línea de Separación, se dirige por los caminos internos de la planta hasta la zona de descarga de la línea nombrada. Al acceder a ella debe colocar su camión en posición transversal a la tolva de recepción, conectar una manguera flexible a su tubo de escape (para capturar los gases de combustión) y verter su contenido en el área de descarga señalada por el encargado. Finalizada esta acción el camión desconecta la manguera flexible y desciende de la zona de descarga para dirigirse hacia la salida, donde antes de salir debe proceder con la medición de la tara del vehículo.

Por otro lado, los residuos se irán acumulando en la tolva de recepción. Cuando comiencen a trabajar las cintas de separación, se abrirán las compuertas que se encuentran en la base de la tolva. Con ello caerán residuos y bolsas de basura sobre las mesas receptoras. Los encargados de abrir las bolsas comenzarán a rasgarlas y depositar su contenido sobre las cintas transportadoras, dejando los restos de las bolsas dentro de receptáculos ubicados al costado de la zona de preparación, primer tramo de la cinta transportadora. Para esta labor los operarios deben usar un overol, zapatos de seguridad, antiparras, casco, protectores auditivos, mascarilla y guantes.

Cuando los residuos se encuentran sobre las cintas de separación comenzarán a avanzar y a ser manipulados por los diferentes segregadores que trabajan en las cintas. Si un elemento es de un material que se deba separar, el operario especializado en dicho material lo tomará y lo introducirá en el receptáculo asignado a él. Los segregadores para cumplir con su tarea deben trabajar con un overol, zapatos de seguridad, mascarillas, antiparras y guantes. Además cada uno debe tener asignado un receptáculo de separación.

Si un receptáculo se llena, el segregador avisará al personal de manejo de receptáculos, el cual traerá un receptáculo vacío y llevará el lleno hasta una zona de acceso

para la grúa horquilla. Ahí esperará hasta que la grúa horquilla llegue a buscarlo. Al ocurrir eso, la grúa insertará sus lanzas en las canaletas del receptáculo y lo trasladará hasta el contenedor del material correspondiente. En ese momento levantará al receptáculo y con el mecanismo de volteo, vaciará el contenido de éste dentro del contenedor. Una vez vaciado el material, la grúa llevará el receptáculo hasta la misma zona donde lo recogió o donde el personal de manejo de receptáculo le indique.

En el caso en que el material que viaja sobre la cinta no sea reciclable, éste avanzará hasta que se termine la cinta y caerá dentro de un receptáculo de rechazo. Cuando éste se llene la grúa horquilla asignada a la cinta correspondiente insertará sus lanzas en las canaletas del receptáculo y vaciará el contenido de éste dentro de un semiremolque de transporte ubicado a pocos metros del lugar del término de la cinta. Cuando la grúa esté movilizándolo el receptáculo de rechazo, el personal de manejo de receptáculo deberá poner uno de estos elementos bajo el término de la cinta, de modo de evitar que se derramen en el suelo los residuos que transporta la cinta de separación. Si eso ocurriera, el personal mencionado sería el responsable de recoger con ayuda de palas y escobillones, los desechos esparcidos.

Durante todo el proceso de separación y recepción de residuos en la tolva debe estar funcionando el sistema de manejo de polvo (sobre la tolva de recepción y los semiremolques de transporte) y el sistema de manejo de olores (a lo largo de toda la zona de descarga y de separación).

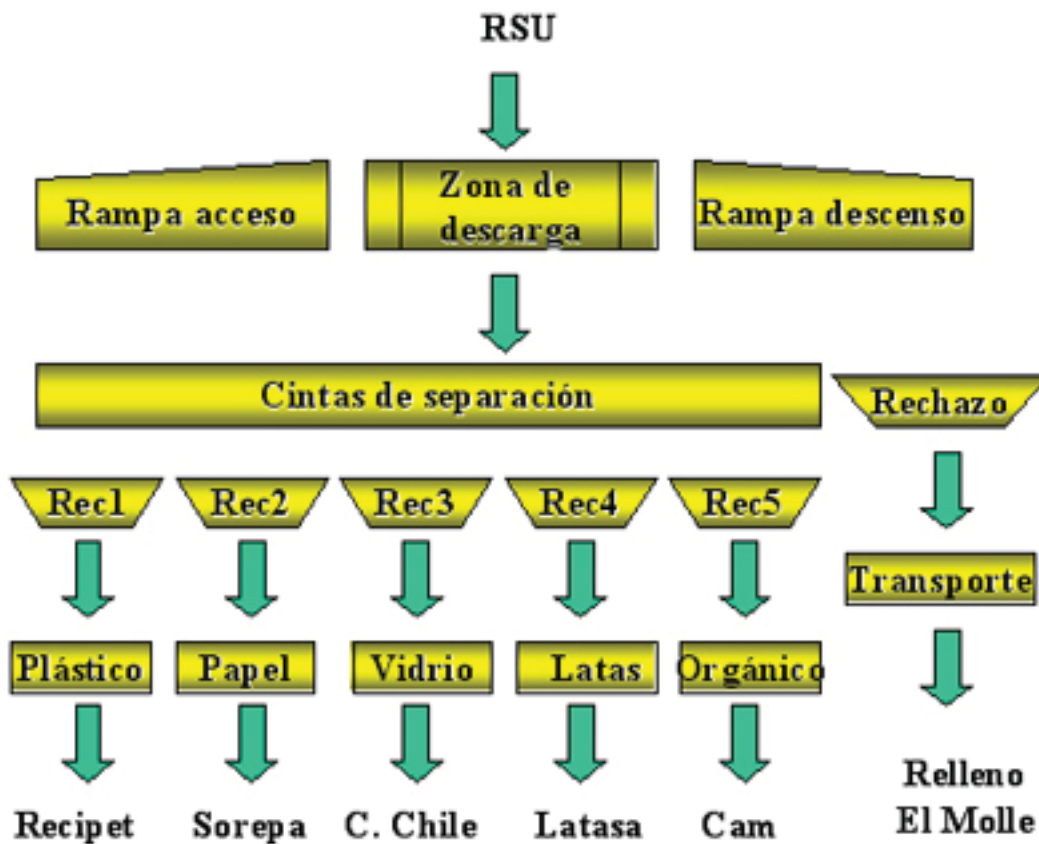
Al estar un contenedor cerca de completar su capacidad, se deberá avisar dicha situación a la empresa respectiva para que mande un camión con un contenedor vacío. Cuando esto ocurre, usando su sistema *Ampli Roll*, descarga el contenedor vacío y carga el lleno y comienza el regreso a la fábrica correspondiente. Si el camión no ha llegado al momento de

llenarse el contenedor, los materiales separados serán almacenados temporalmente en lugares protegidos.

Antes que el semiremolque de transporte se llene, el camión de transporte debe ubicar un semiremolque vacío en un sector cercano al actual. Cuando se completa la capacidad del semiremolque, el camión de transporte engancha el semiremolque y lo lleva a otra zona de la planta donde la basura contenida en él es aplanada manualmente de modo de eliminar puntas y aristas que puedan rajar la lona de protección. Realizado eso se coloca la lona mencionada con lo que el camión queda listo para partir hacia el relleno sanitario.

Un flujograma de este proceso se muestra en la figura 10.2.

**Figura 10.2** - Flujograma de la Línea de Separación.



### 10.3 Línea de Transferencia

Después de pasar el control de ingreso y el pesaje, el camión recolector que fue designado a la Línea de Transferencia debe circular por las vías internas de la estación, ascender por la rampa de acceso a la zona de descarga y posicionarse transversalmente a un frente de trabajo, exactamente en el área de descarga directa asignada. Al estar en posición, el personal debe conectar la manguera flexible en el tubo de escape del camión de modo de poder controlar los gases de combustión del vehículo. Terminado esto, el camión debe botar su carga en el buzón, el cual conducirá los residuos al semiremolque de transporte. Cuando esta acción es finalizada, el camión recolector desciende de la zona de descarga por la rampa correspondiente, dirigiéndose a la báscula donde será pesado nuevamente.

Como trabajarán personas en la zona de descarga, ésta debe tener un manejo de olores, de gases y de polvo que actúe todo el día. Mientras el sistema de control de olores trabajará a lo largo de toda la superficie de la zona de descarga, el de control de polvo sólo lo hará sobre ambos frentes de trabajo.

El proceso de transferencia en esta línea comienza con la colocación de un semiremolque de transporte en una de las áreas de trabajo, es decir, debajo de uno de los dos buzones que posee la Línea de Transferencia. El camión lo desengancha y se dirige a los estacionamientos o a cumplir otra tarea. Antes que se llenen los semiremolques, se debe colocar uno vacío, si es que no había, en la otra área de trabajo. Cuando uno de estos semiremolques completa su capacidad, un camión lo enganchará y lo llevará al área de consolidación, en la cual se nivelará la altura de los residuos de modo de eliminar aristas o elementos que puedan rajar la lona impermeable, lo que se hace con personal y herramientas (palas, etc.). Estos operarios deben usar zapatos de seguridad, overol,

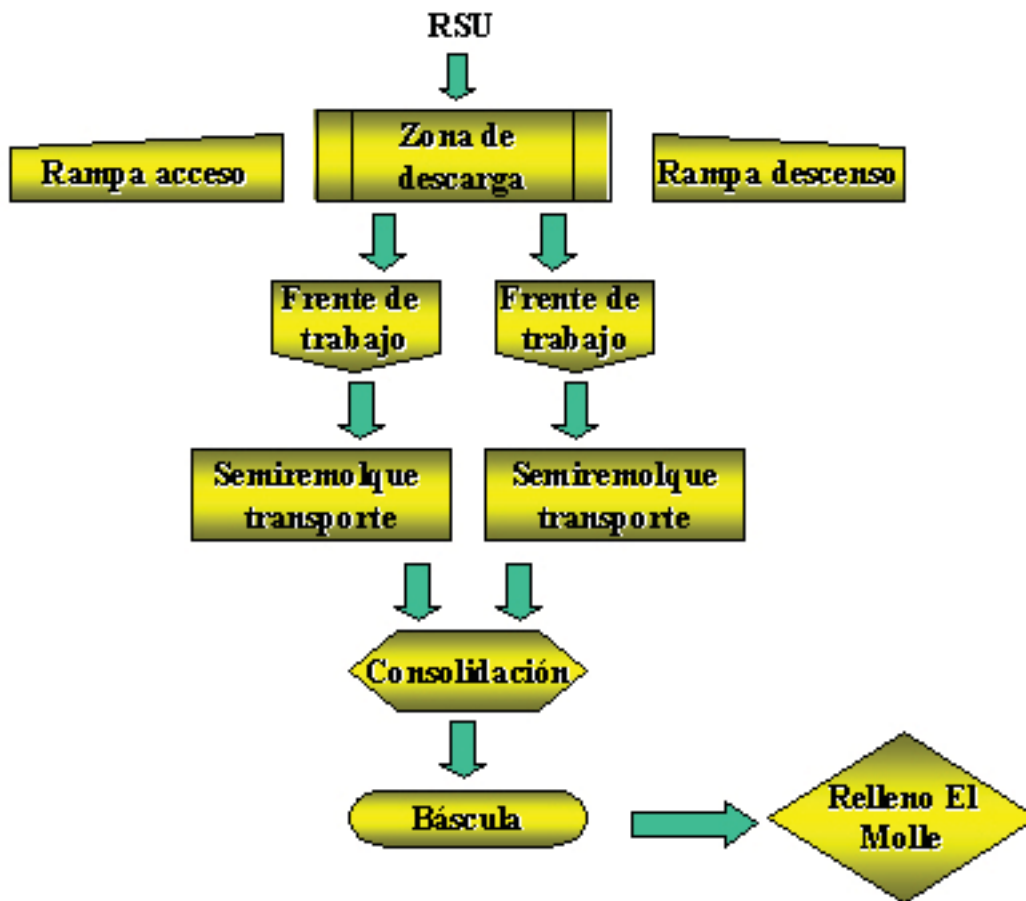


mascarilla, guantes, antiparras y casco. Finalizado esto, el semiremolque se cubre con la lona impermeable, siendo luego inspeccionada para analizar la hermeticidad del semiremolque. Todo este proceso puede realizarse mientras el semiremolque está enganchado a un camión o no lo está. Cuando reciba el permiso para dirigirse al relleno, vendrá un camión a engancharlo o partirá inmediatamente, dependiendo del caso, dirigiéndose primero a la zona de pesaje.

Respecto al manejo de residuos voluminosos, los vehículos particulares o de la municipalidad que los traigan serán identificados y pesados en la entrada de la planta. Luego de ello se dirigirán a la zona de manejo de voluminosos donde el encargado calculará el volumen que utilizan los elementos, entregando el comprobante a la persona responsable por los materiales traídos. Con ese documento, el vehículo se retirará de la planta avanzando nuevamente a la zona de pesaje y, con el comprobante de volumen y el peso medido del vehículo, se calculará la tarifa a cancelar. Si se trata de un vehículo particular deberá pagar inmediatamente dicha tarifa, en caso de ser un camión de la municipalidad, la factura se hará al final de cada mes. Los elementos voluminosos se almacenarán en la zona especificada para su manejo hasta completar la capacidad que tiene el camión plano de la empresa. Cuando esto ocurre, se cargará el camión y éste llevará los residuos al relleno “El Molle”.

El flujograma de la línea se presenta en la figura 10.3 en la página siguiente.

**Figura 10.3** - Flujograma de la Línea de Transferencia



## 10.4 Descripción de insumos y productos

La Línea de Transferencia trasvasiará la basura generada en la ciudad desde camiones pequeños a otros de mayor capacidad por lo que los insumos como los productos de esta línea, físicamente hablando, son idénticos por lo que no requieren descripción. Sin embargo, esto no ocurre en la Línea de Separación, donde lo que ingresa a las cintas es distinto a lo que sale de ellas.

En la Línea de Separación ingresarán los RSU que se generan en la zona de Viña del Mar. Como éstos vienen separados en dos grupos, algunos días entrarán sólo materiales inorgánicos y otros sólo materiales orgánicos. Esto implica que los días que se trabaja en el grupo orgánico, la generación de líquido en la tolva de recepción como en las cintas de separación sea mucho mayor que la que existe cuando se trabaja con inorgánicos.

En el caso del grupo inorgánico, ingresarán a las cintas basura inorgánica con densidades de  $0,4 \text{ ton/mt}^3$ . Este material constará de envases de vidrio, tetra pak, plásticos, papeles y cartones, latas de aluminio, neumáticos, artículos de plástico, pedazos de gomas, piedras, entre otros. Los segregadores retirarán de esta masa de materiales los que son factibles de reciclar y por el final de las cintas saldrá el rechazo de la línea o lo que no se recuperará. Por este motivo existen dos productos en esta línea productiva, los que se describirán a continuación:

- **Rechazo:** este conjunto de materiales estará compuesto de materiales que no son factibles de reciclar porque no hay mercado o porque técnicamente es muy complicado hacerlo. Además, los trabajadores tienen un rendimiento asociado a su trabajo y las metas de separación no son tan grandes como para requerir todo el material disponible de los elementos reciclables. Un ejemplo de esto es el caso del papel, ya que la meta diaria de separación es bastante menor que la cantidad de papel que entra a las cintas, por lo que gran parte de este material, factible de reciclar, saldrá como parte del rechazo de la línea. Si bien, físicamente este conjunto de materiales es similar al insumo que entró a la línea, sufre cambios en su composición y su densidad por culpa del manejo que hicieron de ellos los segregadores. El rechazo de la línea tendrá una densidad aproximada de  $0,237 \text{ ton/mt}^3$ .

- **Materia inorgánica separada:** estos elementos son el producto del trabajo de los segregadores sobre el conjunto de basura inorgánica que entra a las cintas de separación.

Ellos salen clasificados en papel/cartón, vidrio, plásticos y latas de aluminio. El sólo proceso de separarlos del resto del material presente en el grupo inorgánico de la basura de la ciudad de Viña del Mar les agrega valor ya que de este modo dejan de ser residuos y pasan a ser sustitutos de la materia prima virgen. Las características principales de estos productos es que son materiales limpios, de un solo tipo y sin contaminación (humedad excesiva, resto de pinturas y otros elementos que no permitan el reciclaje de ellos, etc.). Además de esto, su densidad respecto a la del conjunto de materiales que entran como insumo es diferente y viene dado por las características de cada uno de dichos elementos.

Si analizamos ahora el grupo orgánico, éste por el proceso de separación en dos grupos de materiales, debiera venir compuesto sólo de materiales orgánicos. Pero no todas las personas cumplirán a cabalidad dicha disposición y, además, no todos los compuestos orgánicos son buenos para compostar (fabricación de abono), por lo que se requiere una clasificación de ellos.

El mejor material para realizar *compost* son los restos de frutas y verduras. Si bien los restos de jardín también pueden ser ocupados, éstos atrasan el proceso de transformación por lo que se les prefiere usar como complemento de los residuos de alimentos, es decir, en pequeñas cantidades. Al igual que en el grupo inorgánico se generarán dos productos, los que se describen a continuación:

- **Rechazo:** este material constará de todos los materiales inorgánicos que incluya el material orgánico así como los residuos que no sean buenos para compostar como son conchas de mariscos, tallarines y masas, excesivas ramas y hojas, etc. Este conjunto de materiales tendrá una densidad aproximada de  $0,237 \text{ ton/mt}^3$  y serán destinados a disposición final en el relleno sanitario.

- **Materia orgánica separada:** el material orgánico factible de compostar contendrá restos de frutas y verduras, además de una cantidad menor de hojas y ramas. Este saldrá de las cintas con una densidad aproximada de  $0,291 \text{ ton/mt}^3$ , lo cual es menor a la que tiene el insumo al entrar a la línea ( $0,4 \text{ ton/mt}^3$ ).

## 10.5 Determinación de servicios externos

El núcleo del negocio de planta será el manejo de los RSU de la ciudad de Viña del Mar, pero para ello se requiere de muchas actividades anexas, que no son primordiales para el cumplimiento de los objetivos planteados, y que, por lo tanto, es mayormente conveniente que sean realizadas por empresas externas especializadas. Estas actividades serán identificadas a continuación:

**Seguridad:** para esta actividad existe en el mercado una gran cantidad de posibles proveedores por lo que los precios para obtener un buen servicio de seguridad son buenos (precios de mercado). Además, si se contratasen directamente se deberían capacitar, comprar elementos necesarios, y la curva de aprendizaje complicaría las primeras semanas de funcionamiento, por lo que es ideal que este servicio sea realizado por una empresa externa dedicada a la seguridad.

**Casino:** como la planta trabajará a tres turnos, se deberá proveer de desayuno, almuerzo y once a los trabajadores. Para este servicio también existen muchas empresas en el mercado, lo que implica que las condiciones que ellos ofrecen serán mucho mejores que las que se podrían obtener si se realizara esta actividad con personal propio de la planta.

**Limpieza:** todas las instalaciones deben ser limpiadas frecuentemente para lograr ofrecer un grato y sano ambiente de trabajo. Además en los lugares donde se manejan RSU, al ser estos focos de contaminación, este proceso es vital para el funcionamiento de la estación de transferencia. Por tal motivo la limpieza de oficinas,

casinos, camarines, baños, así como la de las zonas de descarga y los elementos de la Línea de Separación (tolva, mesas receptoras, cintas, suelo de la zona de separación, etc.) deben tener una limpieza diaria. Al igual que en los casos anteriores, existen empresas que sólo se dedican a ofrecer estos servicios por lo que estos procesos de limpieza conviene encargados a empresas externas.

**Camión aljibe:** cuando se limpian las zonas de descarga y la zona de separación se generan Riles que deben ser tratados. Pero al ser un volumen bajo de ellos, en vez de tener una planta de tratamiento propia para ellos, se pueden enviar a alguna existente en la zona, la que puede ser de una empresa del rubro o de alguna otra industria. La acumulación de ellos se hace en un estanque propio, pero el traslado de estos líquidos requiere un camión aljibe el cual, al requerirse unas pocas veces por mes, es mejor que sea subcontratado y no propio, lo que implica que se requiere un proveedor que proporcione este camión.

**Tratamiento de Riles:** como se explicó en el punto anterior, los Riles que se generan en la planta por concepto de limpieza se deben tratar en una planta de tratamiento externa, por lo que esto último hace requerir un proveedor de este servicio. Como existen algunas industrias que generan grandes volúmenes de Riles, ellas poseen plantas propias para tratarlos y depositarlos en los cauces de ríos o en el alcantarillado público dentro de la normativa vigente. Como los líquidos contaminados producidos dentro de la planta se deben evacuar desde las instalaciones en camiones aljibes, es más fácil ingresarlos a dichas plantas de tratamiento externas, lo que hace factible tener un proveedor de este tipo.

## 11 Capacidad productiva

La metodología que se utilizará consta del análisis cualitativo de los elementos importantes, además de un análisis cuantitativo utilizando el software *Excel* con tal de manejar tablas interrelacionadas y tablas dinámicas de datos. Se analizará en este capítulo los aspectos generales, los datos obtenidos, el tipo de procesamiento de ambas líneas, el diseño físico necesario para cada sección productiva y las capacidades ociosas estimadas.

### 11.1 Aspectos generales

La capacidad productiva de la estación se calculará de modo de que pueda atender perfectamente los 5 primeros años de funcionamiento, tiempo en el cual se realizará una reinversión para cubrir los requerimientos de los siguientes 5 años. Al cabo de dicho período se hará una nueva reinversión para aumentar la capacidad de las líneas de modo de mantener el nivel de servicio de la estación. Esto debido a que el mercado de los materiales recuperados para reciclaje es nuevo en el país y las acciones de las pocas empresas que reciclan en gran medida en Chile puede afectar el funcionamiento de esta línea (empresas casi monopólicas). Además de esto un cambio en las leyes puede influir también en el reciclaje, ya sea incentivándolo o no, por lo que construir y adquirir los equipos necesarios para tener la capacidad productiva necesaria para cumplir con las expectativas finales del Proyecto no es una decisión muy acertada, siendo mejor usar reinversiones cada un tiempo considerable en el cual se pueda decidir de mejor forma cómo y cuánto se deberá reinvertir según la experiencia de los años anteriores. Por esto es que los datos usados son los valores proyectados de generación de basura para el año 2008, 2013 y 2018 y, suponiendo que el sistema de extracción de basura domiciliaria se mantiene sin cambios en ese período (nivel

de servicio, días y horas de recolección, camiones usados, etc.), la proyección de camiones que diariamente van a llegar a la planta de transferencia.

Para poder diseñar la planta de transferencia y específicamente la Línea de Separación se debe calcular el flujo necesario de separación de materiales por día. Para ello se analiza las tablas de generación de materiales importantes para la estación (elementos reciclables) - ver tabla A10.1 del Anexo 10 - y la cantidad estimada de satisfacción de la demanda de cada uno de ellos - ver tabla A10.2 del Anexo 10-. Basándonos en esta última se calculan las metas diarias de separación dividiendo la estimación de demanda satisfecha por los días al año que se trabajará en cada grupo.

Por el bajo nivel de materia orgánica que se puede reciclar respecto a lo generado al año, dadas las condiciones del mercado, y ya que su forma de clasificación es diferente a la del grupo inorgánico (se explicará más adelante) sólo una vez a la semana se trabajará en el grupo orgánico por lo que nos basaremos para los cálculos posteriores en el actuar del grupo inorgánico.

El flujo necesario de separación de materiales por día se muestra en la tabla 11.1.

**Tabla 11.1** - Flujos de separación necesarios por día

Año	Aluminio [ton/día]	Papel [ton/día]	Plástico [ton/día]	Vidrio [ton/día]	M.O. [ton/día]	Días por semana		Días al año	Días al año trabajados en inorgánicos
						trabajo en orgánico	trabajo en inorgánico		
2004	1,26	4,07	0,23	6,03	107,69	1	5	52	260
2005	1,29	4,15	0,63	6,16	107,69	1	5	52	260
2006	1,31	4,57	0,71	6,27	107,69	1	5	52	260



2007	1,34	5,02	1,09	6,41	107,69	1	5	52	260
2008	1,37	5,53	1,31	6,53	107,69	1	5	52	260
2009	1,40	5,75	2,02	6,67	107,69	1	5	52	260
2010	1,42	5,98	1,58	6,79	107,69	1	5	52	260
2011	1,45	6,22	1,81	6,94	107,69	1	5	52	260
2012	1,48	6,47	2,03	7,08	107,69	1	5	52	260
2013	1,51	6,72	2,24	7,23	107,69	1	5	52	260
2014	1,54	6,99	2,43	7,37	107,69	1	5	52	260
2015	1,58	7,27	2,61	7,52	107,69	1	5	52	260
2016	1,61	7,57	2,77	7,67	107,69	1	5	52	260
2017	1,64	7,87	2,90	7,83	107,69	1	5	52	260
2018	1,67	8,18	3,03	7,99	107,69	1	5	52	260

Fuente: Elaboración propia

Para saber la cantidad diaria de entrada de cada material a la planta de transferencia se usó el porcentaje de materia orgánica en la basura domiciliaria y la composición en seco de ella (sin residuos orgánicos) - ver tabla A10.3 del Anexo 10 -, ambas calculadas desde la tabla de Producción media total de cada compuesto de RSU del año 2003, en capítulo 5 en la tabla 5.12 se muestra esta información. La siguiente tabla (11.2) muestra los flujos diarios que se estiman ingresarán a los procesos de la planta.

En cuanto a la materia orgánica necesaria o que se debe separar, ésta se mantiene constante puesto que, como se explico en el estudio de mercado, aunque es posible separar todos los

residuos orgánicos no existe un mercado de destino cercano para ellos. Además se estima que el mercado se mantenga estable, es decir, no existe motivación para la construcción de nuevas plantas de compostaje en la quinta región<sup>6</sup>, único lugar de destino para los sólidos orgánicos segregados desde los RSU. Por ello es que se castiga el proyecto con respecto a dicha materia y el valor mostrado en la tabla anterior para este tipo de residuo corresponde a la capacidad máxima que se puede atender con las instalaciones de compostaje existentes en la región.

**Tabla 11.2** - Flujos de entrada diarios a la planta

Año	Aluminio [ton/día]	Papel [ton/día]	Plástico [ton/día]	Vidrio [ton/día]	M.O. [ton/día]	Promedio generación basura [ton/día]	inorgánico por día [ton/día]	orgánico por día [ton/día]
2004	1,66	46,70	21,12	7,25	217,38	336	118,62	217,38
2005	1,69	47,67	21,56	7,41	221,91	343	121,09	221,91
2006	1,73	48,65	22,00	7,56	226,43	350	123,57	226,43
2007	1,76	49,62	22,44	7,71	230,96	357	126,04	230,96
2008	1,80	50,59	22,88	7,86	235,49	364	128,51	235,49
2009	1,84	51,70	23,39	8,03	240,67	372	131,33	240,67
2010	1,87	52,68	23,83	8,18	245,20	379	133,80	245,20
2011	1,91	53,79	24,33	8,36	250,37	387	136,63	250,37

<sup>6</sup> Si bien la materia orgánica puede ser enviada a plantas de compostaje en otras regiones, el costo de ello puede ser muy elevado en comparación a no separar dicho residuo y destinarlo a un relleno sanitario, lugar donde pueden efectuar su descomposición natural.

2012	1,95	54,90	24,83	8,53	255,55	395	139,45	255,55
2013	1,99	56,01	25,34	8,70	260,72	403	142,28	260,72
2014	2,03	57,12	25,84	8,87	265,90	411	145,10	265,90
2015	2,07	58,24	26,34	9,05	271,07	419	147,93	271,07
2016	2,11	59,49	26,91	9,24	276,90	428	151,10	276,90
2017	2,15	60,60	27,41	9,41	282,07	436	153,93	282,07
2018	2,20	61,99	28,04	9,63	288,54	446	157,46	288,54

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, la unidad que se utilizará para medir la capacidad productiva será toneladas por día que procesa la planta (ton/día). Como la cantidad de camiones recolectores que ingresan a la estación será variada, para las capacidades de la maquinaria y el análisis de horas *peaks* se usará la medida toneladas por hora ingresadas a la instalación (ton/hr).

La planta de transferencia tendrá una capacidad productiva total máxima de 364 (ton/día) en el primer período para luego aumentar a 403 (ton/día) y crecer por tercera vez alrededor del año 2013 donde constará de una capacidad productiva de 446 (ton/día). La capacidad productiva de cada línea se calculará más adelante.

## 11.2 Análisis de datos

El emplazamiento de la planta de transferencia hace factible no sólo tratar los residuos de Viña del Mar sino también de comunas cercanas como son Concón y Quilpué.

Aunque este último es un mercado bastante importante respecto a la generación de basura, esta comuna licitó la disposición final de sus RSU hace sólo meses, la cual fue concesionada a la empresa CAM por un tiempo de 10 años a contar desde el 1° de Septiembre del 2003. Esto hace pronosticar la llegada de sus residuos a la estación de transferencia sólo para el último período del Proyecto, es decir, entre los años 2014 y 2018. La empresa Cosemar comenzó a operar en la comuna de Quilpué sólo desde el mes de Septiembre del año 2003 por lo que los datos existentes de esta ciudad son sólo los que se recopilaron del primer mes de operación, lo que no entrega una base estadística para calcular el potencial de basura que se genera en la comuna.

Respecto a Concón, el nivel de generación de desperdicios es bajo por lo que no requiere de una licitación pública para determinar la disposición final de sus desechos por lo que la empresa encargada de la recolección y extracción de los RSU de esa comuna debe decidir donde llevarlos, esto hace factible la posibilidad que desde un principio pasen a través de la planta de transferencia. Si bien la empresa Cosemar, concesionaria del servicio de aseo de la comuna, no posee datos exactos sobre los niveles de producción de basura en Concón, según Cristián Salazar, ingeniero de dicha empresa, "...sólo bastan dos o tres camiones para limpiar la ciudad..."[Salazar03].

Por todo lo dicho, el diseño de la estación se basará en los datos de Viña del Mar, por ello se requirió conseguir datos sobre la recolección de RSU a través de 3 entidades principalmente: Cosemar S.A., empresa concesionaria del servicio de aseo de la ciudad; I. Municipalidad de Viña del Mar; a través de su Dirección de Aseo; y la empresa CAM, concesionaria del vertedero "Lajarilla" ubicado en las cercanías de la ciudad jardín y que se

encuentra próximo a su cierre. De todas ellas, la base de datos proporcionada por Cosemar S.A. fue la de mayor utilidad, usando la información de las demás entidades como un apoyo a ésta.

Con la información recolectada se analizó la estacionalidad de la generación de basura, así como las horas *peaks* de llegada a vertedero de los camiones recolectores. Si bien existe un aumento en la producción de desechos domiciliarios en la época estival respecto al resto del año, dicho crecimiento se representa con el aumento en un viaje más de camión recolector al día lo que, al no ser tan grande el cambio experimentado entre las dos épocas del año, se prefirió adaptar la estación de transferencia a la demanda de servicios que hay en la época estival.

Para realizar la proyección del número de viajes de camiones recolectores a disposición final durante la vida útil de la estación se analizó primero las horas *peaks* actuales de llegada de camiones al vertedero Lajarilla. Luego, al tener cada institución camiones de diferente capacidad, se calculó el volumen promedio de los camiones utilizados. Finalmente se definió un factor de nivel de servicio que permitiera proyectar el número diario necesario de viajes de camiones al día para mantener constante el nivel de servicio de recolección de basura domiciliar de la ciudad de Viña del Mar. Teniendo dicho factor y usando la proyección de generación diaria promedio de basura a lo largo del Proyecto, se calculó la cantidad de viajes de camiones recolectores, lo que se presenta en la tabla 11.3. Dichos cálculos se presentan en el Anexo 10, inciso "Cálculo tabla 11.3".

**Tabla 11.3** - Proyección de viajes de camiones recolectores al día

Año	Promedio diario generación basura	Volumen total RSU diario [mt <sup>3</sup> /día]	Nº de viajes de camiones necesarios al día
-----	-----------------------------------	---	--

2004	336	840	51
2005	343	857,5	52
2006	350	875	54
2007	357	892,5	55
2008	364	910	56
2009	372	930	57
2010	379	947,5	58
2011	387	967,5	59
2012	395	987,5	60
2013	403	1007,5	62
2014	411	1027,5	63
2015	419	1047,5	64
2016	428	1070	65
2017	436	1090	67
2018	446	1115	68

Fuente: Elaboración propia

### 11.3 Tipo de procesamiento Línea de Separación

Como se explicó en puntos anteriores, por el nivel de recuperación que se requiere de materia orgánica, la Línea de Separación trabajará 6 días a la semana y sólo un día lo hará en el grupo orgánico mientras que los otros 5 lo hará en el grupo inorgánico.

Desde el 1° de Enero del año 2005 entrará en vigencia la nueva Ley Laboral la que estipula que la jornada laboral bajará de 48 [hr/semana] a 45 [hr/semana]. Por el bajo nivel de separación requerido para la materia orgánica y su mayor facilidad para clasificarla, los 5 días que se trabaje en inorgánicos se harán en jornadas diarias de 8 horas mientras que el día que se trabaje en orgánico se hará en una jornada diaria de 5 horas. La distribución de días a la semana y al año que se dedicarán a cada grupo de materiales se muestra en la tabla 11.4.

**Tabla 11.4** - Distribución de días laborales para los grupos de materiales

Días por semana trabajados en orgánico	Días por semana trabajados en inorgánico	Días al año trabajados en orgánico	Días al año trabajados en inorgánicos
1	5	52	260

Fuente: Elaboración propia

Por ser más complicada la separación de los materiales inorgánicos, los cálculos sobre equipos y sus capacidades se basarán en este grupo.

Grupo orgánico

Para el grupo orgánico se usará el método de "no retiro" o "retiro negativo". Esta metodología implica que lo que sale por el final de la cinta transportadora es lo que se puede enviar a plantas de compostaje y los operadores retiran del material que pasa sobre la cinta las impurezas que lleva la materia orgánica como pueden ser metales, plásticos, vidrios, etc. Estas impurezas no serán usadas para reciclar por lo que en esta separación no habrá una especialización en algún material por parte de los operarios, en otras palabras,

todos retirarán impurezas de todo tipo y lo sacado por ellos irá a disposición final (relleno sanitario).

Grupo inorgánico

La metodología asociada a la separación de materiales inorgánicos se basa en el método de "retiro", es decir, se saca de la cinta transportadora sólo lo que sirve para reciclar. En este caso los operarios estarán especializados en un tipo de material, es decir, sólo separarán un material específico. El rechazo de las Líneas de Separación deberá ser transportado al relleno sanitario por lo que al final de las cintas se encontrará un frente de trabajo de transferencia (camión de transporte).

Para calcular la cantidad de desechos que deben ingresar a la Línea de Separación se usó el concepto de "insumo limitante". Con la determinación de él se calculó el requerimiento de material inorgánico necesario y la cantidad aproximada de camiones que deben alimentar a las cintas de separación. Esto se calculó multiplicando el peso requerido del insumo limitante por un factor de seguridad (a causa de las pérdidas de pulverización del vidrio) y, usando la composición en seco de los residuos, se obtuvo el peso y volumen total requerido de RSD. La tabla 11.5 muestra esta situación. El análisis explicado anteriormente se presenta en el Anexo 10, inciso "Cálculo tabla 11.5".

**Tabla 11.5** - Determinación de necesidades de peso y camiones para el proceso de separación

Año	Peso requerido insumo limitante [ton/día]	Factor seguridad	Peso necesario ingreso línea de separación [ton/día]	Densidad camiones recolectores [ton/mt <sup>3</sup> ]	Volumen asociado a peso necesario [mt <sup>3</sup> /día]	Número de camiones aproximado
-----	---	------------------	--	---	--	-------------------------------



2004	6,03	1,4	8,44	0,4	344,85	21
2005	6,16	1,4	8,62	0,4	352,37	21
2006	6,27	1,4	8,78	0,4	358,98	22
2007	6,41	1,4	8,97	0,4	366,77	22
2008	6,53	1,4	9,14	0,4	373,64	22
2009	6,67	1,4	9,34	0,4	381,70	23
2010	6,79	1,4	9,51	0,4	388,83	23
2011	6,94	1,4	9,71	0,4	397,02	24
2012	7,08	1,4	9,92	0,4	405,47	24
2013	7,23	1,4	10,12	0,4	413,52	25
2014	7,37	1,4	10,32	0,4	421,85	25
2015	7,52	1,4	10,53	0,4	430,43	26
2016	7,67	1,4	10,74	0,4	439,02	26
2017	7,83	1,4	10,96	0,4	447,86	27
2018	7,99	1,4	11,18	0,4	457,24	27

Fuente: Elaboración propia

Si se analiza el requerimiento de camiones para el proceso de separación con la cantidad de camiones que llegan a la estación se puede apreciar que alrededor de la mitad de los camiones que entran a la planta deben abastecer a las cintas de separación. Esto hace

complejo el proceso de abastecimiento de las líneas ya que, como trabajan en un sólo turno, se debe acumular residuos en una tolva de recepción de gran tamaño.

Aunque el objetivo principal de la Línea de Separación es recuperar materiales factibles de reciclar, este proceso tiene un efecto en el funcionamiento de la Línea de Transferencia, ya que el requerimiento de abastecimiento de las cintas de separación hacen prácticamente innecesario que la Línea de Transferencia trabaje en 3 turnos o más bien, que uno de sus turnos sea muy aliviado, específicamente el turno nocturno. Además las cintas de separación trabajan en el período *peaks* de llegada de camiones recolectores a la estación de modo que descongestionan a la Línea de Transferencia, facilitando su funcionamiento en esos períodos.

## **11.4 Determinación del diseño físico Línea de Separación**

Tanto las instalaciones como la maquinaria de la Línea de Separación serán usadas para separar los dos grupos de materiales (orgánico e inorgánico). Como la separación de los residuos inorgánicos es más compleja, el cálculo de las capacidades de los equipos, los puestos de trabajo y la superficie necesaria se hará basándonos en los requerimientos de ese tipo de separación. Por consiguiente, primero se presenta el diseño físico que se debe tener para lograr la segregación de los componentes inorgánicos y luego se muestra los efectos de este diseño en la separación de material orgánico.

El diseño físico de la Línea de Separación consta de una zona de descarga de los camiones recolectores, una tolva de recepción, mesas receptoras, dos cintas transportadoras, receptáculos para operarios y para rechazos, dos grúas horquillas, contenedores para el material separado, flota de camiones y contenedores de transporte.

<b>Tolva</b>
--------------

Como se mencionó en el punto anterior, se requiere para el funcionamiento de las cintas una cantidad de 22 camiones. Como eso implica que aproximadamente entren a la zona de descarga la mitad de los camiones que ingresan a la estación en un día normal se debe tener una tolva de recepción que acumule durante las horas de la noche residuos que traen los camiones recolectores para que las cintas de separación puedan trabajar continuamente a lo largo de un turno. Se estimó que se debe acumular el contenido de 10 camiones, aproximadamente 170 m<sup>3</sup>. Los camiones que deben entregar su carga a la tolva de recepción así como la jornada laboral se presentan en la tabla 11.6. El área coloreada en celeste es la jornada de trabajo que tendrá la Línea de Separación mientras la que está en verde es el período *peaks* de llegada de camiones a la planta.

**Tabla 11.6** - Distribución de camiones y jornada laboral

Periodo	Cosemar	Municipalidad	Cantidad camiones por hora	Destino
0	0,031	1	1,031	Línea de Transferencia
1	0,050	2	2,050	Línea de Transferencia
2	0,822	2	2,822	Línea de Transferencia
3	1,458	1	2,458	Línea de Transferencia
4	0,703	1	1,703	Línea de Separación
5	1,132	1	2,132	Línea de Separación
6	1,013	1	2,013	Línea de Separación
7	0,918	1	1,918	Línea de Separación

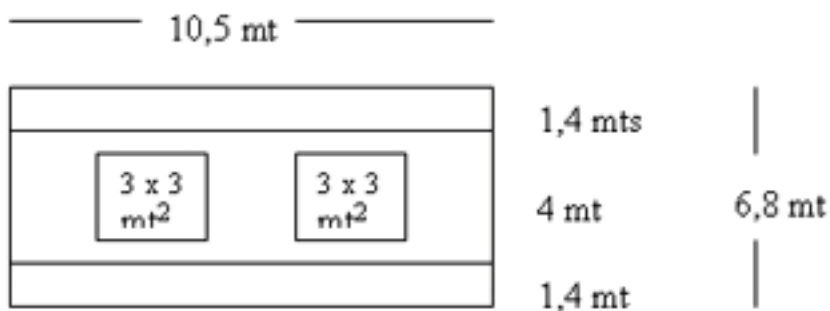
8	0,847	1	1,847	Línea de Separación
9	0,241	1	1,241	Línea de Transferencia
10	0,365	1	1,365	Línea de Transferencia
11	0,413	1	1,413	Línea de Separación
12	0,508	2	2,508	Línea de Separación
13	0,431	3	3,431	Línea de Transferencia
14	0,816	3	3,816	Línea de Separación
15	1,010	3	4,010	Línea de Separación
16	0,562	1	1,562	Línea de Transferencia
17	0,627	1	1,627	Línea de Transferencia
18	0,797	1	1,797	Línea de Transferencia
19	0,826	1	1,826	Línea de Transferencia
20	1,016	1	2,016	Línea de Transferencia
21	1,083	1	2,083	Línea de Transferencia
22	0,538	1	1,538	Línea de Transferencia
23	0,194	1	1,194	Línea de Transferencia
vacios	0,017		0,017	Línea de Transferencia
		total al día	49,419	

Fuente: Elaboración propia

La tolva debe tener forma de "bebedero de caballos" con una sección transversal con forma de un trapecio isósceles. Debe poseer dos compuertas que se accionan de forma hidráulica o mecánica para poder descargar los residuos acumulados en ella. La tolva es estática (fija) por lo que no requiere algún tipo de mecanismo para moverla. El material de construcción de ella debe ser acero inoxidable. Las medidas como las vistas de la tolva se presentan en la figura 11.1.

Figura 11.1 - Vistas y medidas de la tolva de recepción

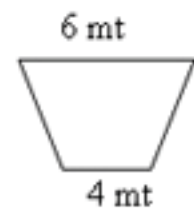
Vista superior



Vista frontal



Vista lateral



**Cinta transportadora**

Las cintas transportadoras deben ser de acero inoxidable, con huincha de caucho y foso para acumular líquidos o algún sistema para canalizarlos, pueden o no tener ruedas, deben estar a una altura desde el piso aproximada a los 1,2 metros, su trayecto es completamente horizontal y sin quiebres (curvas), y debe ser capaz de transportar su carga a velocidades

que están dentro del rango de 1 mts/min a 7 mt/min. La velocidad con la cual trabajará este elemento es de 4,5 mt/min.

Para calcular los puestos de trabajo necesarios por cada material se necesita primero saber el caudal de las cintas de separación para lo cual se usó la fórmula presentada en el Manual McGraw Hill del Reciclaje [Lund96], a saber:

CCTS = área nominal transversal \* velocidad de la cinta

Área nominal transversal =  $(h * (b - 2s)) / 10.000$

$s = 0,055 * b + 2,29$  cm

Donde

CCTS: caudal de la cinta de transferencia de separación  $\text{mt}^3/\text{min}$ .

h: altura nominal de los materiales cm. ("La altura que alcanzan los RSU arrojados sobre una cinta transportadora es de 15 cm"[Tchobanoglous94]).

s: distancia lateral estándar

b: anchura de la cinta cm

El resultado de esto se muestra en la tabla 11.7.

**Tabla 11.7** - Capacidad de la cinta transportadora

Altura RSU sobre cinta [cm]	Ancho cinta [cm]	Velocidad cinta [mt/hr]	factor s	Área nominal transversal [mt <sup>2</sup> ]	Caudal cinta [mt <sup>3</sup> /hr]	Peso cinta [ton/hr]	Velocidad cinta [mt/min]
15	100	270	7,79	0,12663	34,1901	13,676	4,5

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento calculado para cada operario de separación es el mismo que el calculado para los segregadores de la Planta de Reciclaje de Ñuñoa, esto debido a que también clasifican materiales que vienen separados en grupos y que, según Domingo Massardo que es el encargado de la planta, es del orden de 0,7 ton/turno, es decir, 700 kg. de material separado por cada 8 horas de trabajo lo que se traduce en 87,5 kg./hr por operario. Si bien la bibliografía sobre este tema habla de rendimientos mayores al calculado anteriormente como es el caso del Manual McGraw Hill del Reciclaje el cual afirma que el rendimiento es de 360 kg/hr, 226 kg/hr y 360 kg/hr para segregadores de vidrio, plástico y papel/cartón respectivamente, se decidió ocupar los datos obtenidos en la planta de Ñuñoa por tener mayor relación con la realidad nacional. Este rendimiento puede variar dependiendo de lo mezclado que se encuentren los residuos que entran a la planta (incumplimiento de la población en la separación de orgánico e inorgánico) o si se contamina con algún material peligroso los desechos reciclables (aceites, pilas, detergentes, etc.). Con estos datos se puede calcular la cantidad de trabajadores necesarios por material para cumplir las metas diarias de separación lo que se hizo dividiendo dichas metas por el rendimiento estándar de un trabajador en un día laboral, lo que se ve en la tabla 11.8. La jornada diaria efectiva es el tiempo en que realmente los trabajadores laborarán sobre los residuos ya que al ser un trabajo que demanda que ellos estén de pie, se les debe dar un descanso por hora, el que fue estimado en 10 minutos.

Tabla 11.8 - Determinación de puestos de trabajos

Año	Rendimiento operario [kg/hr]	Jornada diaria efectiva [hr]	Puestos Aluminio	Puestos Papel	Puestos Plástico	Puestos Vidrio	Total puestos
2004	85	6,67	3	8	2	11	24
2005	85	6,67	3	8	2	11	24
2006	85	6,67	3	9	2	12	26
2007	85	6,67	3	9	2	12	26
2008	85	6,67	3	10	3	12	28
2009	85	6,67	3	11	4	12	30
2010	85	6,67	3	11	3	12	29
2011	85	6,67	3	11	4	13	31
2012	85	6,67	3	12	4	13	32
2013	85	6,67	3	12	4	13	32
2014	85	6,67	3	13	5	14	35
2015	85	6,67	3	13	5	14	35
2016	85	6,67	3	14	5	14	36
2017	85	6,67	3	14	6	14	37
2018	85	6,67	3	15	6	15	39

Fuente: Elaboración propia



Teniendo la cantidad de trabajadores que laborarán en las cintas transportadoras se puede calcular el largo de cada una de ellas. Este está separado en varias zonas:

- Zona de seguridad I: 0,5 mts desde el inicio de la cinta.
- Zona de preparación: 3 mts que son donde trabajan el personal que rompe las bolsas y el segregador de voluminosos.
- Zona intermedia: 1 mt que es la distancia de separación entre la zona de preparación y la de separación.
- Zona de separación: 14 mts que son donde se realiza la clasificación de materiales.
- Zona de seguridad II: 2 mts antes del término de la cinta.

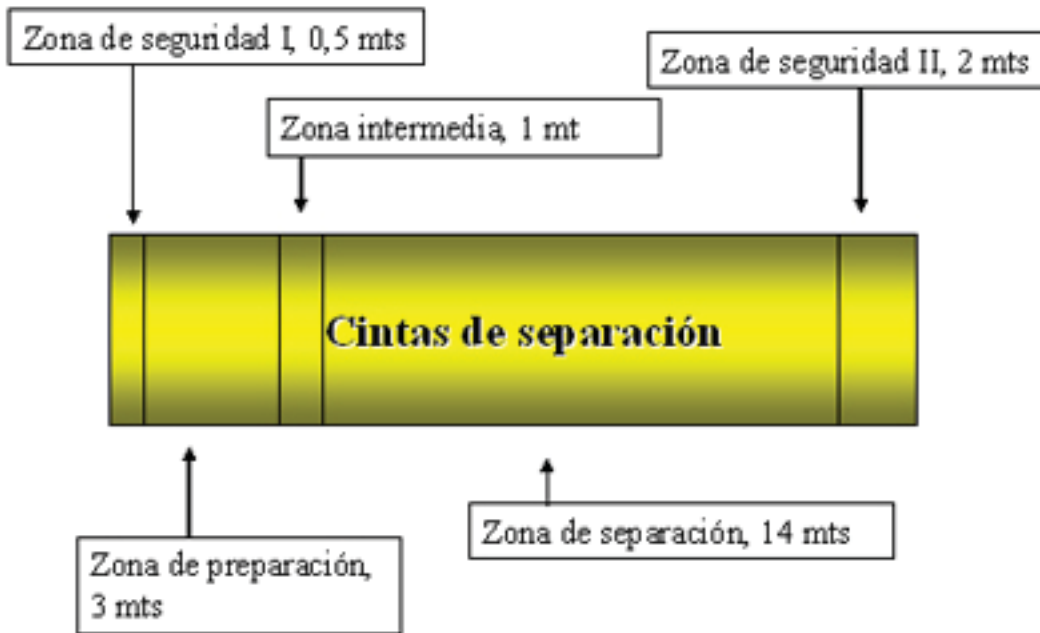
En la figura 11.2 se esquematizan las partes de las cintas de separación y en la tabla 11.9 se presenta los datos de las cintas necesarias para cada período.

**Tabla 11.9** - Largos de las cintas transportadoras

Período	Puestos de trabajo totales	Puestos trabajo por lado	Espacio para operario y recept.	Zona seg. I	Zona seg. II	Zona intermedia	Cantidad abre bolsas	Puestos abre bolsas por lado	Largo total cinta
2004-08	28	7	2	0,5	2	1	3	2	20,5
2009-13	32	8	2	0,5	2	1	3	2	22,5
2014-18	39	10	2	0,5	2	1	3	2	26,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 11.2 - Esquematzación de la cinta de separación



Los flujos que tendrán en conjunto las dos cintas transportadoras ya sean de material separado como del rechazo es el que se muestra en la tabla 11.10. Para su determinación se usó el rendimiento de los trabajadores y se multiplicó por la densidad de cada uno de los compuestos. Para el rechazo se usó una densidad de  $0,237 \text{ ton/mt}^3$  obtenido desde el libro "Manual McGraw Hill del Reciclaje". El resto de las densidades utilizadas para los cálculos son las presentadas en la tabla 5.6 del Capítulo 5.

Tabla 11.10 - Flujos volumétricos de las líneas de separación

Año	Aluminio [mt <sup>3</sup> /hr]	Papel [mt <sup>3</sup> /hr]	Plástico [mt <sup>3</sup> /hr]	Vidrio [mt <sup>3</sup> /hr]	Rechazo Línea [mt <sup>3</sup> /hr]
2004	1,59	7,64	2,62	4,77	105,7178
2005	1,59	7,64	2,62	4,77	105,3975

2006	1,59	8,60	2,62	5,20	105,0707
2007	1,59	8,60	2,62	5,20	104,5043
2008	1,59	9,55	3,92	5,20	104,0311
2009	1,59	10,51	5,23	5,20	103,4421
2010	1,59	10,51	3,92	5,20	103,7069
2011	1,59	10,51	5,23	5,64	103,4788
2012	1,59	11,46	5,23	5,64	103,2636
2013	1,59	11,46	5,23	5,64	103,0592
2014	1,59	12,42	6,54	6,07	102,8669
2015	1,59	12,42	6,54	6,07	102,6889
2016	1,59	13,37	6,54	6,07	102,5224
2017	1,59	13,37	7,85	6,07	102,3741
2018	1,59	14,33	7,85	6,51	102,2403

Fuente: Elaboración propia

Si bien entran a las dos cintas un volumen de 68  $\text{m}^3/\text{hr}$  aproximadamente., salen de ellas un volumen de rechazo mayor a los 100  $\text{m}^3/\text{hr}$ , lo que se explica porque en el proceso de separación de materiales factibles de reciclar la densidad de los residuos cambia, pasando desde 0,4  $\text{m}^3/\text{hr}$  en la entrada de las cintas a 0,237  $\text{m}^3/\text{hr}$  a la salida de la misma. Como los contenedores no usan mecanismos de compactación, no se puede recuperar la densidad que alcanzan dentro de los camiones recolectores. El nivel de rechazo de las líneas implica que en menos de una hora se llene un contenedor.

Para el caso de la separación del grupo orgánico, los trabajadores sacarán sólo las impurezas que presente la materia orgánica. Como la cantidad de impurezas que tengan los residuos orgánicos dependerá del grado de cumplimiento de la población en la separación en dos grupos (orgánico e inorgánico) no se puede calcular un nivel de impurezas retiradas en las cintas de separación. Para el caso de la cantidad de material separado para ser enviado a compostaje, la estimación del volumen por hora como su peso se muestra en la tabla 11.11. Para los cálculos se ocuparon las densidades mostradas en la tabla 5.6 del capítulo 5. Como la materia orgánica es más fácil de separar (uso del método "no retiro") se puede aumentar la velocidad de la cinta para que trabaje a 6 mts/min con lo cual las cintas de separación tienen la capacidad de tratar 90 mt<sup>3</sup>/hr aproximadamente.

**Tabla 11.11** - Estimación de separación de materia orgánica necesaria por hora

Año	M.O. [mt <sup>3</sup> /hr]	M.O. [ton/hr]
2004	88,75	25,83
2005	88,75	25,83
2006	88,75	25,83
2007	88,75	25,83
2008	88,75	25,83
2009	88,75	25,83
2010	88,75	25,83
2011	88,75	25,83
2012	88,75	25,83
2013	88,75	25,83
2014	88,75	25,83

2015	88,75	25,83
2016	88,75	25,83
2017	88,75	25,83
2018	88,75	25,83

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia en un poco más de una hora se llenaría un contenedor de transporte.

### **Mesas receptoras**

Estos elementos deben ser de acero inoxidable, resistente a los golpes (puede tener un sistema de contraviga), debe poseer un sistema de canalización de líquidos, barandas de poca altura y una compuerta que se abra hacia abajo (que quede horizontal). Sus medidas deben ser de 3,5 de ancho x 3,5 de largo y estar a 1,3 metros de altura desde el suelo.

La funcionalidad de estas mesas es recibir las bolsas y basura que caerán al abrir las compuertas de la tolva receptora para que los operarios encargados de abrir las bolsas puedan realizar su trabajo. Por ello deben estar ubicadas debajo de las compuertas de la tolva de recepción.

### **Receptáculos**

Existen dos tipos de receptáculos: los de rechazo y los de separación.

Los primeros son receptáculos con capacidades de  $4 \text{ m}^3$  aproximadamente, con medidas en la boca de 1,5 mts x 2,6 mts, en la base de 1,5 mts x 2,5 mts y una altura de 1 mt. Deben tener ruedas para ser movidos manualmente y un sistema de canaletas laterales para ser transportado por una grúa horquilla. Se colocan al final de las cintas de separación.

Los segundos son receptáculos con capacidades aproximadas a  $1 \text{ m}^3$ , con medidas en la boca de 1 mt x 1 mt, en la base de 0,9 mt x 1 mt y una altura de 1 mt. Al igual que los anteriores deben tener ruedas para ser movidos manualmente y un sistema de canaletas laterales para ser transportado por una grúa horquilla. Se disponen en los costados de las cintas de separación.

Respecto a la cantidad de receptáculos de separación requeridos, como son 28 puestos de trabajo necesarios para las labores de separación se requiere 28 receptáculos más una cantidad de ellos que sirven para cambiar uno que se haya llenado. La cantidad de reserva se estimó en 12 receptáculos ya que a cada hora para el año 2008, referencia del primer período, se llenan aproximadamente 18 receptáculos (ver Tabla 11.12). Además los operarios que rompen las bolsas deben botar los restos de éstas en contenedores para que los trozos de las bolsas no entorpezcan las labores de segregación, por ello deben tener 2 receptáculos por cinta, es decir, 4 receptáculos en total. En total se deben tener 44 receptáculos de separación.

Para el caso de los receptáculos de rechazo se deben tener 6 de ellos para que cada cinta cuente con 3 para poder rotarlos.

Una estimación de la cantidad de receptáculos que se llenarían por hora, que se calculó con el rendimiento promedio de los segregadores, los puestos de trabajo por material, el volumen de los receptáculos y las densidades de los elementos, se presenta en la tabla 11.12.

**Tabla 11.12** - Estimación de llenado de receptáculos

Año	Aluminio [recept/hr]	Papel [recept/hr]	Plástico [recept/hr]	Vidrio [recept/hr]	Rechazo línea orgánica [recept/hr]	Rechazo línea inorgánica [recept/hr]
2004	1,59	7,64	2,62	4,77	22,19	26,43
2005	1,59	7,64	2,62	4,77	22,19	26,35
2006	1,59	8,60	2,62	5,20	22,19	26,27
2007	1,59	8,60	2,62	5,20	22,19	26,13
2008	1,59	9,55	3,92	5,20	22,19	26,01
2009	1,59	10,51	5,23	5,20	22,19	25,86
2010	1,59	10,51	3,92	5,20	22,19	25,93
2011	1,59	10,51	5,23	5,64	22,19	25,87
2012	1,59	11,46	5,23	5,64	22,19	25,82
2013	1,59	11,46	5,23	5,64	22,19	25,76
2014	1,59	12,42	6,54	6,07	22,19	25,72
2015	1,59	12,42	6,54	6,07	22,19	25,67
2016	1,59	13,37	6,54	6,07	22,19	25,63
2017	1,59	13,37	7,85	6,07	22,19	25,59
2018	1,59	14,33	7,85	6,51	22,19	25,56

Fuente: Elaboración propia

**Grúa horquilla**

Las grúas horquilla deben tener capacidad de levante de al menos 2,5 toneladas y poseer "sistema de volteo" o "lanzas de volteo", sistema capaz de voltear el receptáculo para poder vaciar su contenido. La funcionalidad de las grúas es transportar y vaciar los contenidos de los receptáculos, sean éstos de rechazo como de separación. Se requieren dos de ellas para trabajar una en cada cinta de separación.

#### **Contenedores de material separado**

Estos contenedores son entregados por las empresas recicladoras. Son tolvas desmontables que se depositan en el suelo y cuando se llenan son cargadas en un camión con sistema *Ampli Roll* (gancho hidráulico de levante). Sus medidas varían dependiendo de la empresa pero en promedio tienen capacidad para 40 m<sup>3</sup>. Se requieren 5 de ellos para cada uno de los tipos de materiales a separar.

#### **Flota de camiones**

Los camiones que se utilizarán en el proceso de separación son los mismos que trabajan en el proceso de transferencia.

Las características primordiales de ellos son que sean potentes y lo más livianos posibles para poder transportar la mayor cantidad de residuos hacia el relleno. Por las características del camino desde la posible localización de la planta hasta el relleno sanitario El Molle se requieren Tracto camiones 6 x 4 ya que al ser una cuesta el camino de ida (vía Las Palmas) y la entrada al relleno ser de tierra requiere mayor tracción lo que descarta un camión del tipo 6 x 2. La fuerza del motor debe ser superior a 330 HP y debe poseer un alto torque. La cabina podría ser sin litera para disminuir la tara del camión pero haría menos factible la venta del equipo luego de que cumpla su ciclo en la planta de transferencia. Por este motivo se eligió un "Tracto camión Freightliner FL - 112T 6 x 4, motor Cummins ISM 350 con 350 HP a 1800 rpm y un torque de 1350 lb - pie a 1200 rpm"[CatalogoKaufmann03].



Para calcular la cantidad necesaria de camiones para la planta se diseñó una flota tal que pudiera trabajar sin problema en la condición más desfavorable que pueda ocurrir según los datos actuales (año 2003), basándonos en la información de los camiones municipales y la base de datos de Cosemar S.A. El día de mayor cantidad de llegada de camiones y volumen de basura fue el 31 de Enero del 2003 con un número de 55 camiones y un volumen de 827 mt<sup>3</sup> de RSD. Con este dato calculamos el incremento porcentual del día *peak* respecto al promedio actual. Usando la estimación de la generación promedio de basura del quinto año del proyecto (referencia del primer período del mismo) se determinó la cantidad de residuos que llegarían en el día *peak* de dicho año multiplicando el valor promedio por el incremento porcentual que representa el día *peak* del año 2003. La metodología de cálculo del tamaño de la flota necesaria es similar tanto para el Proceso de Separación como para el Proceso de Transferencia y consta de: cálculo del tiempo de ciclo del camión, es decir, cuánto es lo que se demora en ir y volver del relleno sanitario; determinación de flujos de ingreso a la planta, en otras palabras, la condición más desfavorable que podríamos afrontar según los datos históricos; determinación de flujos de egresos de la planta respecto a la cantidad de camiones y viajes necesarios. Para analizar los cálculos nombrados ver el Anexo 10 inciso "Cálculo tabla 11.13". El resultado de la metodología se presenta en la tabla 11.13.

**Tabla 11.13** - Flujos de egreso de la Línea de Separación

Datos de partida	Valor	Unidad
Capacidad de recepción	9464	ton/mes
Generación de residuos en día normal	149,6	ton/día
Demanda promedio horaria en día anormal	18,7	ton/hora
turno A	08:00 a 16:00	hrs
turno B	16:00 a 00:00	hrs

turno C	00:00 a 08:00	hrs
<b>Capacidad del camión de transporte</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Capacidad de carga máxima del camión (peso combinado)	45	ton
Tara chasis más cabina	6,917	ton
Tara contenedor más Dead Frame	6,8	ton
Capacidad disponible de camión de transporte	31,283	ton
Densidad de los residuos dentro del contenedor	0,237	ton/mt <sup>3</sup>
Capacidad volumétrica necesaria del contenedor	83,983	mt <sup>3</sup>
<b>Medidas semiremolque</b>		
Ancho	2,6	mts
Alto	2,36	mts
Largo	13,716	mts
Requerimiento máximo de recepción del semiremolque	19,904	Ton
Factor eficiencia operacional de recepción en semiremolque	85	%
Capacidad de carga real en semiremolque	16,918	Ton
<b>Rendimiento por camión de transporte</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tiempo por cada ciclo operacional de camión de transporte	2,17	hrs/ciclo
Jornada trabajo por camión de transporte (1 turno de 8 hrs)	8	hrs/día
Número de ciclos por jornada y por camión de transporte	3,00	ciclos/día

Rendimiento ponderado horario por camión de transporte	7,808	ton/hora
<b>Nº óptimo de camiones de transporte para día y hora punta</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Nº óptimo de camiones de transporte en operación directa	2,395	camiones
Nº óptimo de camiones de transporte en operación directa	3	camiones
Factor de seguridad por imprevistos	10	%
Nº camiones necesarios	4	camiones
Capacidad máxima de transporte por camión de transporte	62,468	ton/día
Capacidad máxima de transporte por flota	249,872	ton/día
<b>Flujo de camiones de transporte</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Nº de camiones de transporte en operación directa	4	camiones
Nº máximo de viajes de camiones de transporte por día	12,00	viajes/día
Nº máximo de viajes de camiones de transporte por hora	1,50	viajes/hora

Fuente: Elaboración propia

Cuando las cintas de separación estén operando se requerirán a lo menos 4 camiones para transportar los rechazos de las cintas.

<b>Semiremolques o contenedores de transporte</b>
---

Los semiremolques que se deben ocupar en el Proceso de Separación deben poseer un sistema de descarga. Las opciones que se tienen son tres: placa hidráulica; sistema *Roll off*; sistema *walking floor* o piso móvil. El primero de ellos ocupa la misma técnica que los camiones recolectores. El segundo eleva con una báscula hidráulica la caja hasta un ángulo de 45 ° y bota, por efecto gravitacional, su carga. El tercero usa placas móviles en el suelo del semiremolque y combina movimientos para hacer avanzar la carga hasta la boca del semiremolque y descargarla. Todos ellos ocupan un tomador de fuerza que se abastece de la potencia del motor del camión.

El semiremolque elegido fue el de piso móvil el cual demora entre 8 a 10 minutos en descargar su contenido y debe tener dos ejes simples separados por más de 2,2 mts o un eje triple para así poder llegar a las 45 toneladas de peso permitido por la ley en peso combinado, es decir, entre la tara del camión con semiremolque y su carga. Usando los resultados de la metodología ocupada para la determinación del número de camiones necesarios, se puede calcular el requerimiento de semiremolques, lo que se presenta en la tabla 11.14.

**Tabla 11.14** - Requerimiento de semiremolques para Proceso de Separación

Semiremolques necesarios	Valor	Unidad
Capacidad volumétrica semiremolque	83,983	mt <sup>3</sup>
Rechazos de Líneas de Separación	568,440	mt <sup>3</sup> /día
Número de semiremolques que se llenan	6,769	semiremolques/día
Número de semiremolques que se llenan	7	semiremolques/día
Tiempo de ciclo de un semiremolque	2,17	hrs
Nº Semiremolques óptimos	3,23	semiremolques

<b>Nº Semiremolques necesarios</b>	4	semiremolques
------------------------------------	---	---------------

Fuente: Elaboración propia

## 11.5 Capacidad ociosa de la Línea de Separación

Como existen metas diarias de separación, la cantidad de trabajadores se calcula en función de ellas pero no siempre requieren toda la jornada laboral para cumplirlas, quedando un excedente de horas hombre. Usando el rendimiento de los trabajadores y las toneladas necesarias para separar en un día se estima la capacidad ociosa de los trabajadores de cada tipo de material lo que sirve, en caso de existir un aumento de la demanda de un material, para analizar si es necesario contratar más personal o si con el existente se puede cubrir ese aumento. Las capacidades ociosas se muestran en las tablas 11.15 y 11.16, donde la primera de ellas muestra las horas ocupadas efectivamente y la segunda las horas ociosas de los trabajadores.

**Tabla 11.15** - Capacidad utilizada del personal de las líneas de separación por día

Año	Aluminio [hr/día]	Papel [hr/día]	Plástico [hr/día]	Vidrio [hr/día]	Capacidad usada diaria [HH]	Total HH disponibles diarias
2004	4,95	5,98	1,33	6,44	136,28	160,08
2005	5,06	6,11	3,69	6,58	143,86	160,08
2006	5,15	5,97	4,16	6,15	151,34	173,42
2007	5,27	6,57	6,40	6,28	163,09	173,42

2008	5,37	6,50	5,14	6,40	173,35	186,76
2009	5,48	6,15	5,94	6,54	186,26	200,1
2010	5,58	6,39	6,18	6,66	185,54	193,43
2011	5,70	6,65	5,33	6,28	193,14	206,77
2012	5,82	6,34	5,98	6,41	200,81	213,44
2013	5,94	6,59	6,58	6,54	208,25	213,44
2014	6,06	6,33	5,72	6,19	215,75	233,45
2015	6,18	6,58	6,14	6,32	223,26	233,45
2016	6,30	6,36	6,51	6,45	230,69	240,12
2017	6,43	6,61	5,69	6,58	238,05	246,79
2018	6,56	6,42	5,94	6,27	245,53	260,13

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.16** - Capacidad ociosa del personal de las líneas de separación

Año	Aluminio [hr/día]	Papel [hr/día]	Plástico [hr/día]	Vidrio [hr/día]	Capacidad ociosa diaria [HH]	Capacidad ociosa anual [HH]
2004	5,16	5,49	10,67	2,48	23,80	6188,04
2005	4,83	4,49	5,96	0,94	16,22	4217,92
2006	4,55	6,27	5,01	6,25	22,08	5741,96
2007	4,21	0,93	0,53	4,65	10,33	2685,20

2008	3,91	1,68	4,58	3,23	13,41	3485,36
2009	3,57	5,77	2,92	1,58	13,84	3598,59
2010	3,26	3,05	1,46	0,11	7,89	2050,68
2011	2,91	0,25	5,37	5,10	13,63	3543,14
2012	2,55	3,98	2,74	3,36	12,63	3283,40
2013	2,20	0,94	0,35	1,71	5,19	1349,81
2014	1,84	4,45	4,75	6,67	17,70	4602,76
2015	1,47	1,14	2,67	4,90	10,19	2648,82
2016	1,10	4,38	0,82	3,14	9,43	2450,67
2017	0,72	0,85	5,86	1,32	8,74	2271,75
2018	0,32	3,81	4,41	6,06	14,60	3795,56

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los equipos, las cintas transportadoras tendrán una capacidad ociosa los 2 primeros años ya que al diseñar la planta para satisfacer los requerimientos del quinto año, se debe instalar una cinta que tenga el largo necesario para dicho año, el cual es mayor que las necesidades de longitud de los 2 primeros años. Esta situación se presenta en la tabla 11.17.

**Tabla 11.17** - Capacidad ociosa de las cintas transportadoras

Año	Largo de la	Espacio factible
-----	-------------	------------------

	cinta [mt]	de usar [mt]
2004	18,5	2
2005	18,5	2
2006	20,5	0
2007	20,5	0
2008	20,5	0

Fuente: Elaboración propia

Además el tiempo que requieren las líneas para tratar el volumen necesario de RSD para cumplir con las metas diarias es menor que el tiempo disponible (jornada de trabajo) lo que genera una capacidad ociosa respecto al tiempo de funcionamiento de la cinta. Esto se puede observar claramente en la tabla 11.18.

**Tabla 11.18** - Capacidad ociosa de las cintas respecto a su tiempo de funcionamiento

Año	Volumen [mt <sup>3</sup> /día]	Caudal de las cintas [mt <sup>3</sup> /hr]	Tiempo requerido [hr/día]	Jornada laboral [hr/día]	Capacidad ociosa de funcionamiento por cinta [hr/día]
2004	344,85	68,3802	5,043	6,67	1,627
2005	352,37	68,3802	5,153	6,67	1,517
2006	358,98	68,3802	5,250	6,67	1,420
2007	366,77	68,3802	5,364	6,67	1,306
2008	373,64	68,3802	5,464	6,67	1,206

Fuente: Elaboración propia



La flota de camiones también tiene una capacidad ociosa la cual se ve fácilmente si se analiza el peso que puede transportar respecto al peso que transporta, pero una restricción de estos elementos son los viajes que puede hacer por lo que se analizará la capacidad ociosa de la flota respecto a las capacidades de peso y de volumen (asociado a los viajes posibles de la flota). Este análisis se muestra en las tablas 11.19 y 11.20.

**Tabla 11.19** - Capacidad ociosa de la flota de camiones respecto al peso

Año	Peso necesario ingreso Línea de Separación [ton/día]	Peso de material inorgánico separado [ton/día]	Peso rechazo Línea de Separación inorgánico [ton/día]	Capacidad transporte de la flota [ton/día]	Capacidad ociosa de la flota [ton/día]
2004	137,94	11,58	126,35	206,90	80,55
2005	140,95	12,23	128,72	206,90	78,18
2006	143,59	12,86	130,73	206,90	76,17
2007	146,71	13,86	132,85	206,90	74,05
2008	149,46	14,74	134,72	206,90	72,18

Fuente: Elaboración propia

Como se mostró en la tabla 11.13 la capacidad máxima de viaje de la flota es de 12 viajes en el período que trabajan las líneas de separación y en cada viaje puede llevar 84 mt<sup>3</sup> de material. Con ello se puede calcular la capacidad ociosa de la flota respecto a los viajes que realiza.

**Tabla 11.20** - Capacidad ociosa respecto al volumen y a viajes

Año	Volumen rechazo diario [mt <sup>3</sup> /día]	Nº de viajes necesarios [viajes/día]	Capacidad volumétrica de la flota [mt <sup>3</sup> /día]	Capacidad de viajes sobrante [viajes/día]	Capacidad ociosa de la flota [mt <sup>3</sup> /día]
2004	533,14	7	1054,31	5	521,17
2005	543,13	7	1054,31	5	511,18
2006	551,59	7	1054,31	5	502,72
2007	560,53	7	1054,31	5	493,78
2008	568,44	7	1054,31	5	485,87

Fuente: Elaboración propia

## 11.6 Tipo de procesamiento Línea de Transferencia

Una planta de transferencia puede ocupar dos conceptos: trasvasije o compactación. El primero de ellos implica que la carga de los camiones recolectores pequeños se trasvasija o transfiere a camiones de mayor capacidad disminuyendo los viajes a la disposición final de la comuna. La segunda es cuando los camiones recolectores entregan su carga a equipos compactadores donde se densifican aún más para así aumentar el índice de toneladas de basura llevada por kilómetro recorrido (toneladas/kilómetro). Aunque el último concepto hace menor la necesidad de viajes a disposición final, requiere mayor inversión lo que implica que necesita, para ser factible, usar una gran cantidad de toneladas de RSU al día o distancias muy grandes hacia la disposición final.

Para el caso de Viña del Mar, la disposición final analizada se encuentra a sólo 25 kilómetros de la planta y por la cantidad de RSD a manipular se trataría de una planta de transferencia de capacidad media por lo que la inversión en equipos de compactación no es factible, por lo tanto, el concepto a usar en la estación será el de trasvasije.

Respecto a la cantidad de volumen y camiones que deberá atender, esto se presenta en las tablas 11.21 y 11.22 y fue calculado restando a la llegada promedio de basura, la cantidad de residuos que deben ir a la Línea de Separación.

**Tabla 11.21** - Nivel de volumen y peso a atender por Línea de Transferencia

Año	Peso total RSU diario [ton/día]	Peso necesario ingreso Línea de Separación [ton/día]	Peso a tratar por Línea de Transferencia [ton/día]	Volumen total RSU diario [mt <sup>3</sup> /día]	Volumen de trabajo de Línea de Separación [mt <sup>3</sup> /día]	Volumen a tratar por Línea de Transferencia [mt <sup>3</sup> /día]
2004	336	137,94	198,06	840	344,85	495,15
2005	343	140,95	202,05	857,5	352,37	505,13
2006	350	143,59	206,41	875	358,98	516,02
2007	357	146,71	210,29	892,5	366,77	525,73
2008	364	149,46	214,54	910	373,64	536,36
2009	372	152,68	219,32	930	381,70	548,30
2010	379	155,53	223,47	947,5	388,83	558,67
2011	387	158,81	228,19	967,5	397,02	570,48
2012	395	162,19	232,81	987,5	405,47	582,03
2013	403	165,41	237,59	1007,5	413,52	593,98
2014	411	168,74	242,26	1027,5	421,85	605,65
2015	419	172,17	246,83	1047,5	430,43	617,07

2016	428	175,61	252,39	1070	439,02	630,98
2017	436	179,15	256,85	1090	447,86	642,14
2018	446	182,90	263,10	1115	457,24	657,76

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.22** - Número de camiones que atenderá la Línea de Transferencia

<b>Año</b>	<b>Nº camiones necesarios</b>	<b>Nº camiones que van directo a transferencia</b>	<b>Nº camiones que van directo a separación</b>
2004	51	30	21
2005	52	31	21
2006	54	32	22
2007	55	33	22
2008	56	34	22
2009	57	34	23
2010	58	35	23
2011	59	35	24
2012	60	36	24
2013	62	37	25
2014	63	38	25
2015	64	38	26

2016	65	39	26
2017	67	40	27
2018	68	41	27

Fuente: Elaboración propia

### **11.7 Determinación del diseño físico Línea de Transferencia**

Dentro de las plantas de transferencia que usan el concepto de trasvasije existen dos tipos: carga directa y carga indirecta. La carga directa se refiere a que el camión recolector transfiere su carga directamente al semiremolque de transporte mientras que la carga indirecta usa un almacenamiento temporal donde los camiones pequeños descargan los residuos que traen (lozas, tolvas, etc.) y luego, con maquinaria pesada como retroexcavadoras, bivalvas, cargadores frontales, entre otros, cargan los semiremolques de transporte. La Línea de Transferencia de la planta ocupará una carga directa, es decir, los camiones descargarán directamente sobre los semiremolques de transporte.

Esta línea de proceso trabajará los 7 días de la semana ya que los días domingo el centro de la ciudad también se limpia por lo que llegan camiones a la estación, aunque son unos pocos, entre 4 a 7 camiones recolectores al día. Por esto, todos los cálculos se realizaron con los datos de los días lunes a sábado ya que el nivel de atención de los días domingo es muy bajo respecto al resto de la semana. Como los camiones de Cosemar S.A. limpian la ciudad a lo largo de todo el día, la planta debe atender las 24 horas del día, usando 3 turnos de 8 horas cada uno.

En la tabla 11.13 se muestra cómo se distribuirán los camiones recolectores que lleguen a la estación.

Víctor Amado, ingeniero hidráulico del Consorcio Santa Marta, expresó que "...la planta de transferencia de Santa Marta tiene 4 frentes de trabajo, cada uno de los cuales presenta 3 áreas de descarga directa, lo que implica que poseen 12 áreas de descarga directa en total..."[Amado03]. La planta de transferencia de esta empresa está diseñada para manejar hasta 3000 ton/día de RSU, por lo que cada frente de trabajo está preparado para manejar 750 [ton/día] de residuos.

Basándonos en esta información, un frente de trabajo sería suficiente para manejar la cantidad de residuos que se generan en la ciudad de Viña del Mar. El problema de esto es que, cuando el semiremolque de transporte se llene y deba cambiarse por uno vacío, se producirían colas de camiones recolectores dentro de la planta, aumentaría el tiempo de esos camiones dentro de la estación, entre otros efectos negativos, por lo que para manejar correctamente los residuos de la ciudad, la estación tendrá dos frentes de trabajo.

El diseño físico de las Líneas de Transferencia consta de una zona de descarga de los camiones recolectores, dos frentes de trabajo que tienen un buzón cada uno, un minicargador, flota de camiones y contenedores de transporte.

### **Frentes de trabajo**

Estos sitios son los ocupados para descargar directamente los RSD traídos por los camiones recolectores hacia los semiremolques de transporte. Constan de un buzón de acero inoxidable de medidas 11 mt de ancho x 3 mt de largo. El buzón no es más que un agujero rectangular a nivel suelo de la zona de descarga que además posee dos placas de acero inoxidable de medidas 11 mt de ancho x 2 mt de largo con una leve curvatura y que están

fijas en los bordes del agujero. La funcionalidad de las placas es dirigir los residuos hacia el semiremolque de transporte evitando que los desechos caigan fuera de éste.

### **Minicargador**

La eficiencia del proceso de descarga de los camiones recolectores dependerá de la pericia de los conductores de esos camiones por lo que puede ocurrir que se derramen en el suelo de la zona de descarga parte de esos desperdicios. El minicargador será el encargado de empujar, recoger y depositar esos materiales en los buzones de la Línea de Transferencia. Además, de vez en cuando debe revisarse si la carga de los camiones es realmente del tipo RSU para lo cual se debe elegir aleatoriamente un camión recolector y hacer vaciar su contenido sobre la loza de la zona de descarga de la Línea de Transferencia para poder analizarlo. Si realmente son RSD o asimilables a éstos, el minicargador deberá encargarse de dirigir estos desechos hacia los buzones de los frentes de trabajo.

### **Flota de camiones**

Al trabajar las dos líneas de proceso en diferentes turnos y no en paralelo, los camiones que se usan para una línea serán los mismos que se ocupen para la otra por lo que los datos técnicos de los camiones usados para la Línea de Transferencia son los mismos descritos en el punto 11.4 acápite Flota de camiones.

El cálculo de la flota de camiones necesarios para esta línea se realiza de la misma forma que se hizo para determinar la de la Línea de Separación pero, al tener los residuos diferentes densidades en cada línea, se realizarán nuevamente todos los cálculos. El resultado de la metodología se presenta en la tabla 11.23. Los demás cálculos se muestran en el Anexo 10 inciso "Cálculo tabla 11.23".

Tabla 11.23 - Flujos de egreso de la Línea de Transferencia

Datos de partida	Valor	Unidad
Capacidad de recepción	9464	ton/mes
Generación de residuos en día punta para la línea	238,82	ton/día
Demanda promedio horaria en día punta	14,93	ton/hora
Demanda máxima horaria de evacuación en día punta	44,82	ton/hora
turno A	08:00 a 16:00	hrs
turno B	16:00 a 00:00	hrs
turno C	00:00 a 08:00	hrs
Capacidad del camión de transporte	Valor	Unidad
Capacidad de carga máxima del camión (peso combinado)	45	ton
Tara chasis más cabina	6,917	ton
Tara contenedor más Dead Frame	6,8	ton
Capacidad disponible de camión de transporte	31,283	ton
Densidad de los residuos dentro del contenedor	0,4	ton/mt <sup>3</sup>
Capacidad volumétrica necesaria del contenedor	78,208	mt <sup>3</sup>
Medidas semiremolque		
Ancho	2,6	mts
Alto	2,355	mts



Largo	13,716	mts
Requerimiento máximo de recepción del semiremolque	31,283	ton
Factor eficiencia operacional de recepción en semiremolque	85	%
Capacidad de carga real en semiremolque	26,591	ton
<b>Rendimiento por camión de transporte</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tiempo por cada ciclo operacional de camión de transporte	2,17	hrs/ciclo
Jornada trabajo por camión de transporte (2 turnos de 8 hrs)	16	hrs/día
Número de ciclos por jornada y por camión de transporte	7,00	ciclos/día
Rendimiento ponderado horario por camión de transporte	12,273	ton/hora
<b>Nº óptimo de camiones día y hora punta</b>		
Nº óptimo de camiones de transporte en operación directa	1,216	camiones
Nº óptimo de camiones de transporte en operación directa	1	camiones
Factor de seguridad por imprevistos	10	%
Nº camiones necesarios	2	camiones
Capacidad máxima de transporte por camión de transporte	196,361	ton/día

Capacidad máxima de transporte por flota	392,722	ton/día
<b>Flujo de camiones de transporte</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Nº de camiones de transporte en operación directa	2	camiones
Nº máximo de viajes de camiones de transporte por día	14	viajes/día
Nº máximo de viajes de camiones de transporte por hora	0,875	viajes/hora

Fuente: Elaboración propia

Cuando la Línea de Transferencia esté operando se requerirán la presencia de al menos 2 camiones.

### Semiremolques de transporte

Los semiremolques usados para esta línea usan la misma tecnología que los descritos para el Proceso de Separación pero difieren en la cantidad de utilización de ellos ya que la densidad de los residuos en la Línea de Transferencia es mayor que en la Línea de Separación. Al igual que con el cálculo de la flota de camiones, la determinación de los semiremolques necesarios se hace de la misma forma que se calculó la necesidad de semiremolques de transporte para la Línea de Separación. El resultado se muestra en la tabla 11.24.

**Tabla 11.24** - Necesidad de semiremolques de transporte para la Línea de Transferencia

Semiremolques necesarios	valor	unidad
--------------------------	-------	--------

<b>Capacidad permitida de uso volumétrico del semiremolque</b>	78,208	mt <sup>3</sup>
<b>Volumen a tratar</b>	597,06	mt <sup>3</sup> /día
<b>Número de semiremolques que se llenan</b>	8	semiremolques/día
<b>Tiempo de ciclo de un semiremolque</b>	2,17	hr
<b>Nº Semiremolques óptimos</b>	3,69	semiremolques
<b>Nº Semiremolques necesarios</b>	4	semiremolques

Fuente: Elaboración propia

Hay que aclarar que esta necesidad de semiremolques es para las horas de trabajo de la Línea de Transferencia pero cuando esté en funcionamiento la Línea de Separación debe existir un semiremolque instalado en algún frente de trabajo de la Línea de Transferencia para poder atacar cualquier imprevisto en las cintas de separación.

#### **Zona de manejo de voluminosos**

La Línea de Transferencia es la responsable del manejo de los residuos voluminosos que llegan a la estación lo que lo hace en una zona diferente a la que usa para atender a los camiones recolectores. Aunque no se tienen datos históricos sobre la recolección de residuos voluminosos, según la Memoria 2002 de la Sección de Aseo de la I. Municipalidad de Viña del Mar, en el período Abril - Agosto de ese año se recogieron 418 unidades de voluminosos, lo que nos da una idea de la llegada de estos materiales a la estación de transferencia.

Esta zona trabajará todo el día de lunes a sábado. Constará de una zona de almacenamiento y un camión de transporte de carga media.

### **Camión de transporte**

El camión necesario para esta tarea debe ser un camión Cargo plano con tolva, con capacidad de 10 toneladas y al menos 10 mt<sup>3</sup>. El camión elegido fue un Ford F-14000, con motor Cummins 6BTAA de potencia igual a 208 [CV] y torque de 72 Kg a 1.500 rpm.

La funcionalidad de este camión es cargar los voluminosos acumulados en la zona de almacenaje (cuando la cantidad de ellos lo amerite) y llevarlos al relleno sanitario o destinarlos a mercados compradores de chatarras.

## **11.8 Capacidad ociosa de la Línea de Transferencia**

Como el procedimiento de trabajo de esta línea es casi totalmente mecánico y son los mismos choferes y peonetas de los camiones recolectores los que trabajan en la acción de descarga directa de los RSD a los semiremolques de transporte, no existe una capacidad ociosa del personal de la línea sino más bien una capacidad ociosa de los equipos de ella.

### **Frentes de trabajo**

Como se explicó anteriormente cada frente de trabajo tiene la capacidad de tratar 750 ton/día de RSU pero en Viña del Mar sólo se generan 364 ton/día (referencia del quinto año del Proyecto) de los cuales no todos van a la Línea de Transferencia. Con esto se tiene una capacidad ociosa de los frentes de trabajo que se muestra en la tabla 11.25. Si existiera algún problema y las cintas de separación no pudieran trabajar algún día, la Línea de Transferencia debería tratar toda la basura generada en Viña del Mar por lo que se calculará también la capacidad ociosa si toda la basura pasara por esta línea.

**Tabla 11.25** - Capacidad ociosa de los frentes de trabajo de la Línea de Transferencia

Año	Peso que debe procesar la línea [ton/día]	Peso total RSU diario [ton/día]	Capacidad frentes de trabajo [ton/día]	Capacidad ociosa de L. de Transferencia en día normal [ton/día]	Capacidad ociosa de L. de Transferencia en día anormal [ton/día]
2004	198,06	336	1500	1301,94	1164
2005	202,05	343	1500	1297,95	1157
2006	206,41	350	1500	1293,59	1150
2007	210,29	357	1500	1289,71	1143
2008	214,54	364	1500	1285,46	1136
2009	219,32	372	1500	1280,68	1128
2010	223,47	379	1500	1276,53	1121
2011	228,19	387	1500	1271,81	1113
2012	232,81	395	1500	1267,19	1105
2013	237,59	403	1500	1262,41	1097
2014	242,26	411	1500	1257,74	1089
2015	246,83	419	1500	1253,17	1081
2016	252,39	428	1500	1247,61	1072
2017	256,85	436	1500	1243,15	1064
2018	263,10	446	1500	1236,90	1054

Fuente: Elaboración propia

<b>Flota de camiones</b>
--------------------------

La flota de camiones también tiene una capacidad ociosa la cual se calcula en base a la capacidad total de transporte comparado con lo que va a transportar, pero una restricción de estos elementos son los viajes que puede hacer por lo que se analizará la capacidad ociosa de la flota respecto a las capacidades de peso y de volumen (asociado a los viajes posibles de la flota). Este análisis se muestra en las tablas 11.26 y 11.27.

**Tabla 11.26** - Capacidad ociosa de la flota de camiones respecto al peso

Año	Peso ingreso Línea de Transferencia [ton/día]	Capacidad de transporte de la flota [ton/día]	Capacidad ociosa de la flota [ton/día]
2004	198,06	392,72	194,66
2005	202,05	392,72	190,67
2006	206,41	392,72	186,31
2007	210,29	392,72	182,43
2008	214,54	392,72	178,18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.27** - Capacidad ociosa de la flota respecto al volumen y a los viajes

Año	Volumen a tratar diario [mt <sup>3</sup> /día]	Nº de viajes necesarios [viajes/día]	Capacidad volumétrica de la flota [mt <sup>3</sup> /día]	Capacidad de viajes sobrante [viajes/día]	Capacidad ociosa de la flota [mt <sup>3</sup> /día]
-----	--	--------------------------------------	--	---	---

2004	495,15	7	1094,912	7	599,76
2005	505,13	7	1094,912	7	589,79
2006	516,02	7	1094,912	7	578,89
2007	525,73	7	1094,912	7	569,18
2008	536,36	7	1094,912	7	558,55

Fuente: Elaboración propia

Si por algún motivo un día las cintas de separación no pudieran funcionar, la Línea de Transferencia debería tratar todos los RSU que llegan a la planta. Para analizar el comportamiento de la flota de camiones en una situación como ésta, se realizaron los cálculos de capacidad ociosa en un día anormal, lo que se muestra en las tablas 11.28 y 11.29. En ese caso se tendrían 4 camiones para trabajar ya que la Línea de Separación necesita esa cantidad, lo que implica una capacidad de transporte mayor al caso normal.

**Tabla 11.28** - Capacidad ociosa en peso de la Línea de Transferencia en un día anormal

Año	Peso ingreso Línea de Transferencia [ton/día]	Capacidad de transporte de la flota [ton/día]	Capacidad ociosa de la flota [ton/día]
2004	336	1178,166	842,166
2005	343	1178,166	835,166
2006	350	1178,166	828,166
2007	357	1178,166	821,166

2008	364	1178,166	814,166
------	-----	----------	---------

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.29** - Capacidad ociosa en volumen y viajes de la Línea de Transferencia en un día anormal

Año	Volumen rechazo diario [mt <sup>3</sup> /día]	Nº de viajes necesarios [viajes/día]	Capacidad volumétrica de la flota [mt <sup>3</sup> /día]	Capacidad de viajes sobrante [viajes/día]	Capacidad ociosa de la flota [mt <sup>3</sup> /día]
2004	840	11	2945,415	33	2105,415
2005	857,5	11	2945,415	33	2087,915
2006	875	12	2945,415	32	2070,415
2007	892,5	12	2945,415	32	2052,915
2008	910	12	2945,415	32	2035,415

Fuente: Elaboración propia



## 12 Prediseño de la planta

Para la implementación de una planta de transferencia que recupere materiales desde los RSU, se debe considerar los siguientes aspectos para definir un primer diseño físico de las instalaciones:

Consideración de un diseño armónico de las instalaciones, acorde con los requerimientos de operación, es decir que la maquinaria y elementos estén dispuestos de tal forma que facilite la operación.

Selección adecuada de las máquinas, equipos y vehículos de operación analizando las capacidades de transporte máxima permitidas (tanto en la ciudad como en carreteras y peso por eje en los camiones)

Cumplimiento con todos los requerimientos ambientales asociados a la implementación de una planta de esta naturaleza, considerando para ello un manejo adecuado de la sanidad de los trabajadores, manejo de olores, de Riles, de ruido, etc.

Diseño adecuado para trabajar con los volúmenes de producción de residuos de la comuna con tal de lograr procesar todo el flujo de entrada de desechos.

Para desarrollar el prediseño se considerará los volúmenes de producción de residuos correspondientes al quinto año de operación de la planta, ya que es en ese año en que se considera la primera posible expansión de las instalaciones de acuerdo al crecimiento de la generación de RSU en la región.

Como primer punto se debe mencionar, y como se estructuró en el diseño del proceso de producción, existen dos líneas de proceso: una que se destina a la recuperación de materiales desde los residuos depositados por los camiones recolectores y, otra línea donde

se trasvasija directamente los residuos desde los camiones recolectores a los camiones de disposición final de mayor tonelaje (transferencia propiamente tal). Por lo tanto, el diseño de las instalaciones debe adecuarse a los flujos que ingresarán a cada línea y, en el caso de la línea de recuperación, el flujo de salida a relleno sanitario o a comercialización. En este último caso, es importante señalar que la línea de recuperación trabajará tanto en la separación de residuos orgánicos como inorgánicos, en este sentido la planta será diseñada para trabajar 5 días para recuperación de residuos inorgánicos y 1 día para orgánicos (12 toneladas y 87 toneladas diarias respectivamente)

La tabla 12.1 muestra los flujos antes descritos en toneladas por día.

**Tabla 12.1** – Flujos de entrada - salida de la planta en peso

Línea	Flujo entrada (ton/día)	Flujo salida al relleno (ton/día)	Flujo salida a reciclaje (ton/día)
Trasvasije	195,00	195,00	0,00
Recuperación	169,00	154,00	15,00
<b>Total ton/día</b>	<b>364,00</b>	<b>349,00</b>	<b>15,00</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 12.2 muestra los flujos de entrada y salida en  $\text{m}^3/\text{día}$ . En ella se encontrarán diferencias en flujos de entrada y salida, ya que al descargar los residuos desde los camiones recolectores la densidad cambia al descompactarse la basura, es decir, el volumen que ocupan los residuos dentro del camión es menor que el que ocuparán en la línea de selección ya que los desechos se descomprimen al salir de este. Lo mismo sucede para el caso de la línea de trasvasije, ya que el camión de disposición final no comprimen los residuos.

**Tabla 12.2** – Flujos entrada-salida de la planta en volumen

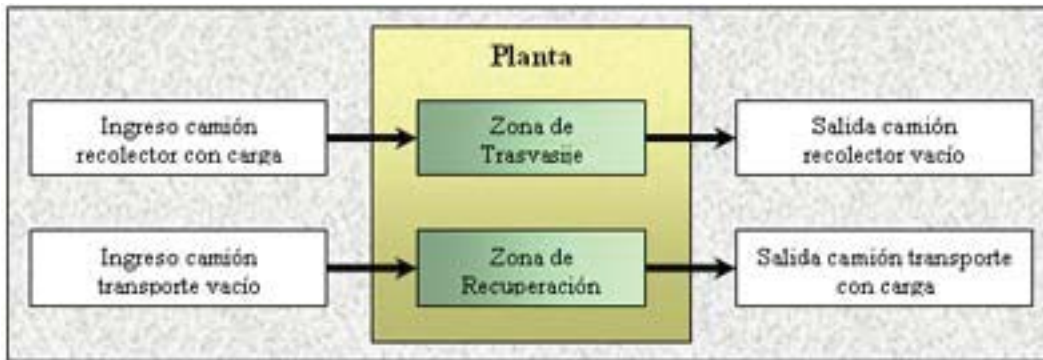
Línea	Flujo entrada (mt <sup>3</sup> /día)	Flujo salida al relleno (mt <sup>3</sup> /día)	Flujo salida a reciclaje (mt <sup>3</sup> /día)
Trasvasije	497,22	822,78	0,00
Recuperación	422,78	443,04	270,04
Densidad app. (ton/mt <sup>3</sup> )	0,4	0,2	0,2
<b>Total (mt<sup>3</sup>/día)</b>	<b>920,00</b>	<b>1.265,82</b>	<b>270,04</b>

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos presentados en las tablas anteriores se define las instalaciones de la planta. En consecuencia la planta estará diseñada con los flujos pronosticados para el quinto año de entrada en operación de la planta, es decir, tendrá capacidad ociosa durante los cuatro primeros años, lo que puede hacer frente a un aumento repentino de los volúmenes requeridos por el mercado de materiales recuperados producto de una positiva aceptación de la iniciativa de recuperación de residuos en mayor escala a la actualmente operando en la región. Por otro lado, los flujos *peak* que puedan presentarse durante los cuatro primeros años serán totalmente atendidos por las instalaciones ya que su volumen no alcanza a sobrepasar la capacidad diseñada de esta.

La planta de transferencia con recuperación de residuos durante su operación permite tener dos frentes de trabajo, uno para el trasvasije de residuos directamente y otro de recuperación de residuos, sin interferirse. La figura 12.1 muestra de forma esquemática lo mencionado.

Figura 12.1 – Esquema de flujos de trabajo



## 12.1 Localización

Como es de suponer, la localización elegida para el proyecto está íntimamente relacionada con el área de operación y el mercado objetivo, en otras palabras, depende del lugar de origen de los RSU, el lugar de disposición final y los lugares (empresas u organizaciones) donde se destinará el material que será recuperado en la planta.

Un primer factor para tomar en cuenta en la localización macro, es que como la orientación de la planta está ligada a la recuperación de materiales provenientes de la comuna de Viña del Mar, la ubicación de la planta de recuperación debe estar en el territorio nacional, específicamente en la quinta región. Además, el manejo de los residuos sólidos urbanos se encuentra bajo responsabilidad de las municipalidades o, en caso de acuerdos entre las comunas, un manejo intercomunal o provincial. Se suma a lo anterior, que los costos por transporte de residuos son considerables, por lo que se descarta de plano localizar las instalaciones en una región o provincia distinta de donde se originan los residuos que se tratarán en la planta. Por lo tanto, la localización de la planta debe estar dentro de la jurisdicción de la quinta región del país, en la provincia de Valparaíso.

Por otro lado, hay que destacar que, según datos de la CONAMA casi el 60% de los habitantes de la región están concentrados en la provincia de Valparaíso y por lo tanto, esto representa una oportunidad de expandir la atención de la planta a residuos provenientes de otras comunas de la provincia, como lo son las comunas de Valparaíso, Casablanca, Quilpue, Villa Alemana y Concón.

Cabe destacar que la naturaleza de la planta y los materiales que trabaja obliga a que su ubicación debe estar localizada en una zona industrial. Ante esto, se puede mencionar que tanto en Viña del Mar, como en Valparaíso, Concón y Quilpue existen zonas destinadas a instalaciones industriales, por lo que para determinar la ubicación específica se debe tomar en cuenta factores claves como lo son vías de accesos, distancia a los centros de origen, distancias a los centros de disposición final (vertederos y rellenos sanitarios), cercanía a las fuentes de abastecimiento, disponibilidad y costos del terreno, regulaciones y normas, riesgo, entre otros.

### **12.1.1 Posibles ubicaciones**

Como se mencionó las ubicaciones que puede tener una instalación de recuperación de materiales debe estar en alguna zona industrial del sector geográfico individualizado (provincia de Valparaíso).

En este marco, y a partir del plan regulador de la ciudad de Viña del Mar y el plan intercomunal de Valparaíso, las posibles ubicaciones para las instalaciones de una planta de transferencia que recupere materiales desde los RSU, desde son las siguientes:

Sector industrial ribera sur del río Aconcagua en la comuna de Concón.
--

Sector industrial ribera norte del río Aconcagua en la comuna de Concón.

Sector industrial zona norte en la comuna de Quilpue

Sector industrial zona oriente en la comuna de Quilpue.

Sector industrial “El Salto” en la comuna de Viña del Mar.

Sector industrial camino La Pólvora comuna de Valparaíso.

Sector industrial Placilla en la comuna de Valparaíso.

En tanto, los residuos originados en la comuna de Viña del Mar deben ser dispuestos en el relleno sanitario de El Molle ubicado en el camino la Pólvora en el sector alto de la ciudad de Valparaíso por acuerdo entre las municipalidades de ambas comunas. Dicho vertedero posee una vida útil de alrededor de 18 años contados desde el presente año, lo que indica que dicho lugar será el lugar de disposición final de los RSU que tratará la planta durante los 15 años considerados como vida útil de la misma. Esto quiere decir que las instalaciones deben estar ubicadas en un lugar donde la distancia desde los lugares de recolección hasta la planta sea mínima con tal de que los costos de este transporte disminuyan. Sin embargo, la distancia desde la planta de transferencia hacia el relleno sanitario mencionado también debe ser minimizada a fin de reducir los costos de transporte en este trayecto.

### **12.1.2 Selección de ubicación de la planta**

Los materiales recuperados de los RSU originados en la comuna de Viña del Mar poseen un destino general hacia la región metropolitana lo que induce a que la ubicación de la planta deba tener una conexión hacia dicha región de la forma menos dificultosa posible. Por otro lado, los residuos no recuperados deben ser enviados al relleno sanitario El Molle por lo que también deben existir conexiones viales expeditas hacia el mencionado lugar de disposición final.

Con lo anterior, las alternativas se reducen puesto que las instalaciones de la planta deben estar ubicadas entre el lugar de origen de los residuos (Viña del Mar) y el lugar de disposición final (Relleno sanitario El Molle) de la forma más directa posible. Bajo este escenario, las alternativas potenciales de localización de la planta de transferencia para recuperación de residuos sólidos urbanos provenientes de la comuna de Viña del Mar se reducen a: sector industrial El Salto y sector industrial camino La Pólvara.

Si bien ambas alternativas poseen condiciones similares de vías de acceso desde la ciudad de Viña del Mar hacia la planta y desde la planta hacia el relleno sanitario y los mercados recicladores en la región metropolitana la opción que minimiza la distancia total recorrida por los camiones recolectores de RSU (factor que incide mayormente en los costos totales de transporte) es en el sector de El Salto en la comuna de Viña del Mar. La distancia desde los distintos sectores de recolección de la ciudad al sector industrial de El Salto se aproxima en promedio a los 20 Km. mientras que el mismo valor promedio hasta el sector La Pólvara supera los 40 Km. Si se considera que los camiones que viajan desde los sectores de recolección hasta la planta de transferencia superan en cantidad a los que lo hacen desde la planta al relleno sanitario es conveniente que los camiones que poseen mayor número, es decir, los de recolección, viajen menos kilómetros para ahorrar recursos. En otras palabras es más conveniente en costos (combustible, sueldo a choferes, mantención por kilómetro recorrido) que un camión de mayor tonelaje viaje la mayor distancia que lo hagan cuatro camiones de menor capacidad<sup>7</sup>. A esto, se debe sumar que la municipalidad de dicha comuna facilita en comodato un terreno de su propiedad precisamente para la construcción de una planta de transferencia de 6000 metros cuadrados aproximadamente ubicado en calle Limache a la altura del número 4700, superficie

---

<sup>7</sup> El rendimiento de un camión recolector es muy similar en cuanto a kilómetros por litro se refiere que un camión de traslado de RSU al relleno sanitario.

suficiente para la instalación de una planta de transferencia que recupere materiales desde los RSU. También en el sector existe muy cercanamente un terreno privado en venta de aproximadamente 4500 metros cuadrados, el cual es otra opción dentro del mismo sector tanto para las instalaciones de la planta o eventualmente un centro de almacenamiento de materiales recuperados. Por otro lado, la distancia del lugar al centro de la ciudad es de solo 7 kilómetros (valor como referencia desde el lugar de origen de los residuos hasta la, planta de transferencia) y a 25 kilómetros del relleno sanitario de El Molle, lugar de disposición final de los RSU no recuperados.

Este último factor elimina los costos por compra o arriendo de terrenos, costo que si estará presente para cualquiera de las otras alternativas de localización.

Dicho sector, es una zona netamente industrial y no existen poblaciones cercanas regulares lo que evita peligros para la ciudadanía, molestias por la operación de la planta y efectos dañinos en la vialidad del sector por el aumento del flujo de camiones. No obstante, el mencionado lugar se encuentra cercano a fuentes de mano de obra (a 7 kilómetros del centro de la ciudad de Viña del Mar), tanto como de la ciudad de Viña del Mar como de la ciudad de Quilpue lo que se traduce en costos bajos de transporte de personal. Además, se encuentran disponibles redes de tendido eléctricas para diferentes potencias, redes de agua potable y de alcantarillado.

El Salto es un lugar privilegiado porque tiene vías de acceso expeditas hacia Quilpue, Valparaíso y Placilla. Desde Quilpue se puede acceder al sector por dos vías: A través de la autopista Troncal Sur o a través del camino Jardín Botánico, ambas en excelente estado. Desde Viña también es posible acceder por dos vías: A través de la calle Limache o a través de la autopista Troncal Sur. Por tanto, la carretera Las Palmas, que serviría de tránsito para los camiones que llevarán los residuos al relleno sanitario, se encuentra en muy buenas condiciones lo que disminuye el desgaste de los camiones y el riesgo de accidentes. Además, otra vía de entrada-salida es la vía férrea que se encuentra totalmente operativa y a través de ella se puede acceder a otras comunas más distantes, como por ejemplo Limache



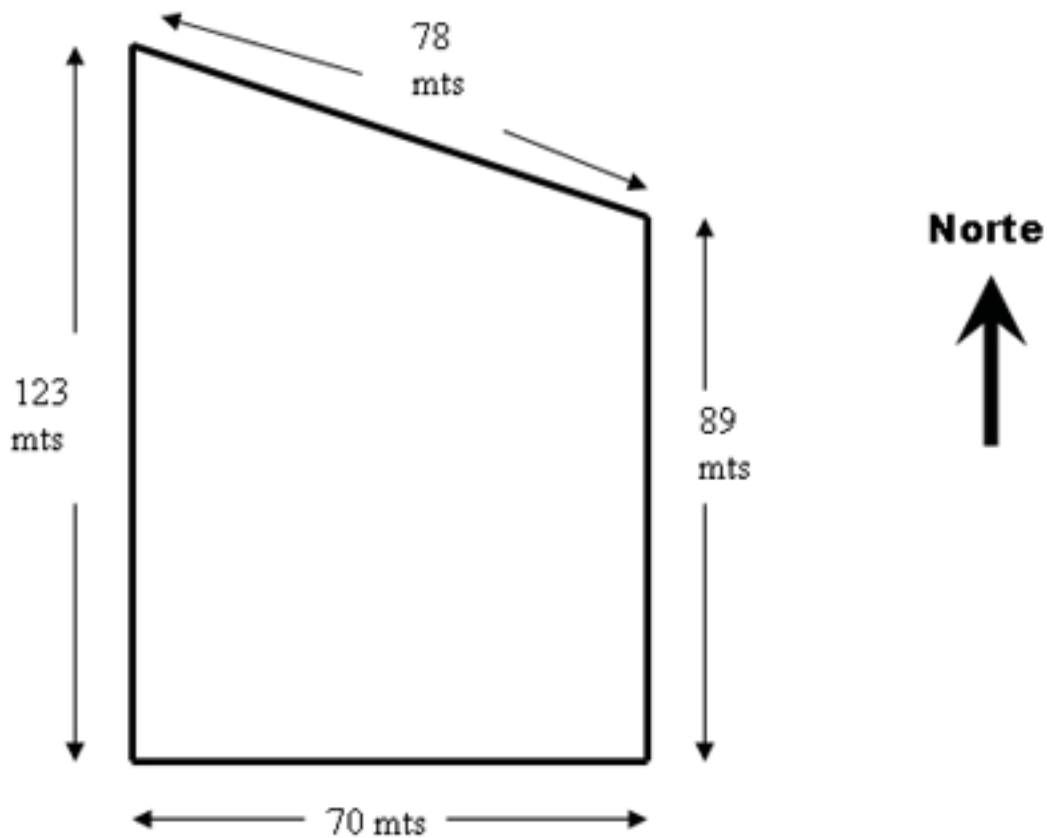
o Villa Alemana, con el fin de ampliar las operaciones de la planta en el mediano o largo plazo.

A lo anterior se debe sumar que el riesgo de accidentes y retrasos por congestión vehicular disminuye. Esto se explica porque los camiones recolectores deberán recorrer una distancia menor en una vía con menor velocidad de tránsito que los camiones que llevarán los residuos no recuperados desde la planta hacia el relleno sanitario, los cuales son de mayor tonelaje pero corresponden a una menor cantidad de vehículos que circularán por una autopista. En otras palabras, la distancia en que existen mayores factores de riesgo, como por ejemplo, mayor flujo vehicular a velocidades menores en calles urbanas, será menor y corresponde a los camiones recolectores de RSU que viajarán dentro de los límites de la ciudad.

Por lo anteriormente mencionado, la ubicación de las instalaciones de la planta de transferencia para la recuperación de RSU que representa las mejores condiciones es en el sector industrial de El Salto, específicamente en el terreno municipal antes mencionado.

Un bosquejo del terreno seleccionado y las principales características del sector se muestran en la figura 12.2.

Figura 12.2 – Bosquejo del terreno seleccionado



Del terreno seleccionado se pueden apreciar algunas características relevantes, estas son:

Los límites del terreno son: Hacia el norte con la autopista Troncal Sur, hacia el sur con la calle Limache, hacia el este con una bodega y estación de control de la empresa “Gas Valpo” y hacia el oeste con las instalaciones de la planta de cemento “Premix”.

La vía férrea se encuentra a 20 metros aproximadamente de la cara sur del terreno.

Existe tendido eléctrico y red de agua con un sistema de grifos en la cara sur del terreno.

Es el penúltimo terreno disponible en el sector por lo que se reduce el riesgo de instalaciones peligrosas en las cercanías.

A 100 metros de distancia aproximadamente se encuentra ubicado un garaje de camiones recolectores de RSU de la empresa “Cosemar” lo que podría significar una ventaja para el sistema de manejo de residuos total (Cadena logística de los RSU de la comuna)

## 12.2 Layout de planta

De acuerdo a las dimensiones del terreno descrito en el punto anterior (localización) y los frentes de trabajo que posee la planta se debe determinar la disposición de los diferentes espacios de operación. Cada lugar destinado a una tarea en particular o a varias actividades requiere de una superficie para trabajo. Esta superficie debe ser capaz de atender los volúmenes de residuos y tener espacio suficiente para el manejo de equipos, vehículos y otros elementos en forma fácil con tal de evitar accidentes o retrasos en los procesos productivos.

Las áreas requeridas para cada tipo de actividad y su superficie aproximada de trabajo se muestran en la siguiente tabla (tabla 12.3), calculada a partir de la superficie mínima requerida para desarrollar las distintas actividades.

**Tabla 12.3** – Áreas de trabajo y superficies de trabajo

área	superficie aproximada (mt2)
Control puerta	10
Báscula pesaje	50

Garita pesaje y control	50
Zona Descarga	525
Zona Recuperación	1225
Zona Consolidación	200
Oficinas	50
Comedores	50
Servicios	50
Zona Trasvasije	750
Zona RSV	200
Estacionamientos	225
Equipos Tratamiento	225
<b>Total</b>	<b>3610</b>

Fuente:[SantaMarta99, Elaboración propia]

Las áreas mencionadas en el cuadro anterior se describen a continuación:

Control Puerta: Esta área incluye una garita de recepción de camiones recolectores, despacho de camiones de transporte y control de entrada y salida otros vehículos.

Báscula pesaje: Zona que posee la báscula de pesaje de camiones más todos los elementos necesarios para realizar su función.

Garita de pesaje y control: Espacio físico donde se controla y se archivan las toneladas entrantes y salientes de cada tipo de residuos con dirección a los distintos destinos. (sala de estadísticas)

Zona Descarga: Lugar donde los camiones recolectores depositarán los residuos que cargan para destinarlos a la línea de recuperación. En esta superficie también se procede a romper las bolsas plásticas y otros elementos que contengan los residuos con tal de alimentar la cinta transportadora.

Zona Recuperación (Selección): En esta zona se instalarán las cintas de recuperación, los contenedores de material recuperado y lugares de trabajo del personal. Además incluye sectores para el traslado de grúas horquillas y equipos de manejo de material.

Zona de consolidación (Manejo de rechazos de las líneas): En esta zona se procede a empacar, enfardar o consolidar cada residuo separado en las líneas de recuperación. Incluye espacio para carga y descarga de vehículos de transporte de materiales.

Oficinas: Administración, secretarías, jefes de personal, supervisor, recepción y sala de reuniones.

Comedores: Incluye la cocina y espacio físico para mesas y sillas del personal.

Servicios: Servicios higiénicos, duchas, camarines, enfermería.

Zona Trasvasije: Lugar donde los camiones recolectores vierten los residuos en los camiones de transporte al relleno sanitario.

Zona RSV: Espacio donde se almacenarán y manejarán los residuos sólidos voluminosos.

Estacionamientos: Espacio para aparcamiento de camiones y realización de mantenimiento básica de los mismos.

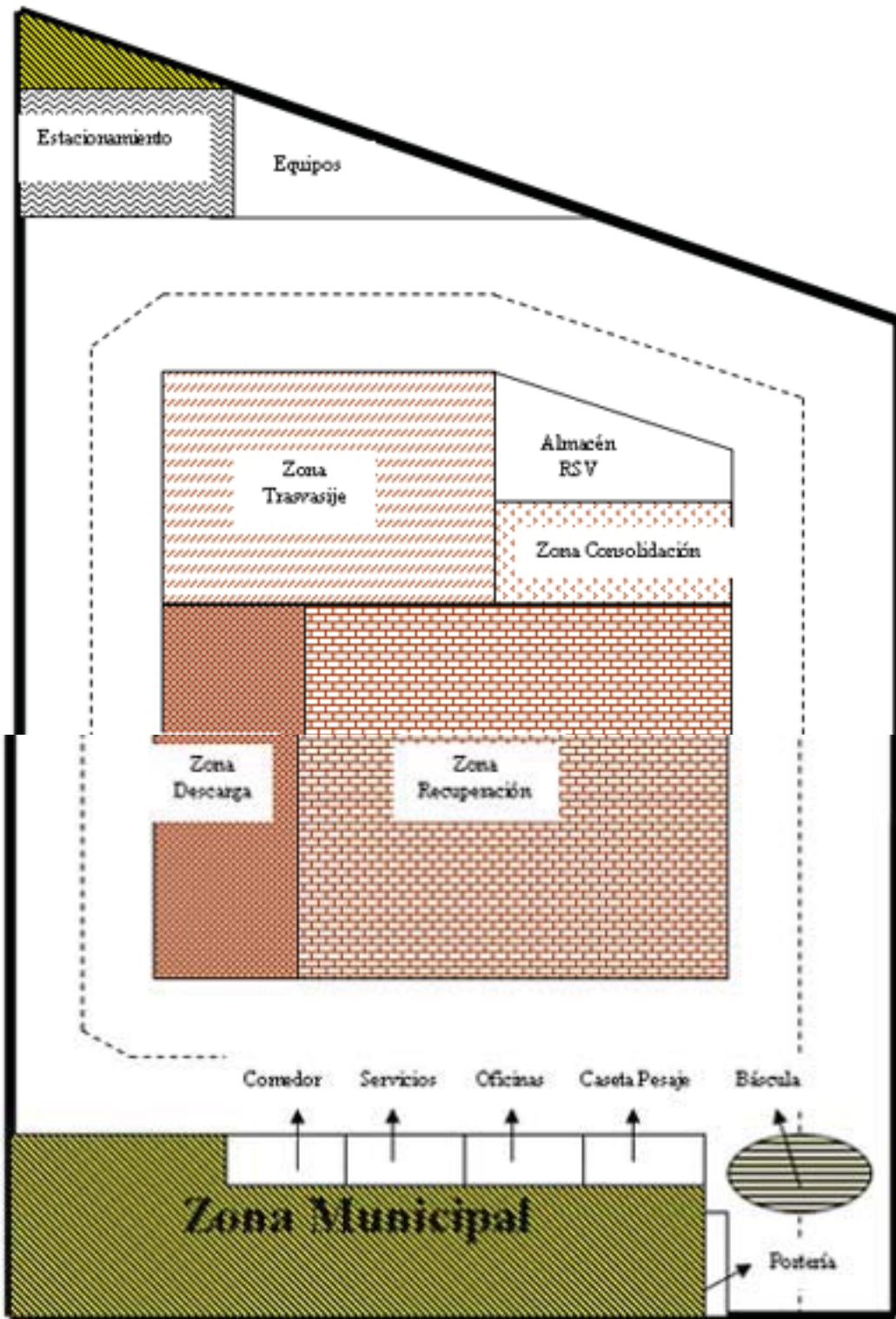
Equipos Tratamiento: Incluye equipo de manejo de riles, compresores, bombas de agua, sistema de manejo de gases, etc.

El layout que se acomoda a la superficie disponible y los requerimientos de las distintas áreas mostradas en la tabla anterior, se definió a partir de los distintos diseños entregados por el software BLOCPLAN. El programa computacional mencionado evalúa relaciones de proximidad y según niveles de importancia en las cercanías de las distintas áreas

confecciona varios diseños de layout óptimos. Sin embargo, la decisión final sobre el layout de la planta se determinó considerando además de la salida del software, los accesos al lugar de instalación y un adecuado análisis de rutas para circulación de vehículos en el interior de la planta.

El layout de la planta considerando las vías de circulación, espacios para manejo de materiales y superficies requeridas para cada área se muestra en a figura 12.3.

Figura 12.3 – Layout de la planta



La zona denominada como “Zona Municipal” es un espacio se mantendrá de propiedad y bajo administración municipal. Esta superficie posee un valor de 1000 mt<sup>2</sup>. El layout propuesto contempla una superficie construida de 3610 mt<sup>2</sup> y una superficie para la circulación de vehículos y personas de aproximadamente 2300 mt<sup>2</sup>.

### 12.3 Maquinaria y equipos de operación

Dado el layout de la planta de recuperación de residuos definido anteriormente más las características del lugar elegido para la materialización y las exigencias ambientales que se deben cumplir, en una estación de transferencia con separación de residuos, es posible definir, en forma general, los equipos y maquinarias que se deben instalar en la misma.

La tabla 12.4, muestra los equipos y maquinarias necesarias para la operación de la planta de transferencia y recuperación de residuos. La utilización de ellos se especifica a continuación de la tabla mencionada.

**Tabla 12.4** – Maquinaria y equipos de operación

Ítem	Característica	Cantidad
Camión transporte	300 CV	2
Contenedor transporte grande	volumen 100 mt <sup>3</sup>	2
Contenedor transporte pequeño	volumen 70 mt <sup>3</sup>	3
Remolque grande	13mts x 2,6mts	2



Remolque pequeño	11mts x 2,6mts	3
Estanque manejo de riles	Diseño específico	1
Sistema manejo de polvo	Diseño específico	1
Equipo tratamiento de olores	Diseño específico	1
Sistema de manejo de aire	Diseño específico	1
Grupo electrógeno	250 Kw., autonomía 12 horas	1
Báscula	capacidad de pesaje 60 ton	1
Tolva descarga	boca: 6,8mts x 10,5mts; base: 4mts x 10,5mts; Altura: 3mts	1
Cinta transportadora	Medidas: 22,5mts x 1mts ; Altura: 1,2mts; Velocidad: 4,5 [mts/min]; Huincha: caucho; requiere foso para acumular líquidos	2
Receptáculos rechazo	volumen 4 mt <sup>3</sup>	6
Receptáculos selección	boca 1mts x 1mts; base: 0,9mts x 1mts; Altura: 1mts; requiere 4 ruedas	38
Grúa horquilla	3 ton	2
Minicargador	3 ton	1
Computador	Tarjeta de red	8
Camioneta	cabina simple, 2 lt, 1750 Kg.	2
Camión plano	160 HP	1
Mesas receptoras	3mts x 3mts, con canales de	2

	recepción de líquidos	
Buzón trasvasije	Medidas: 11mts x 3mts	1
Equipo soldador arco	400 amp	1

Fuente:[SantaMarta99, Elaboración propia]

Los ítems correspondientes a camión de transporte, contenedor transporte y remolque se utilizan para trasladar los residuos desde las instalaciones de la planta hasta el relleno sanitario y llevan los residuos que no se recuperaron junto con aquellos se trasvasijan directamente desde los camiones de recolección.

El estanque de manejo de riles se incluye para acumular los residuos líquidos que provienen de las operaciones de la planta. Estos residuos, dada su baja concentración de elementos contaminantes, son almacenados en el estanque para ser trasladado al relleno sanitario donde se cuenta con la infraestructura necesaria para disponer de ellos. Dichos residuos líquidos provienen principalmente de la acumulación de basura líquida en los camiones recolectores y de la limpieza de las áreas de trabajo en la planta. El equipo de tratamiento de olores es necesario debido a que en el interior de la planta trabajarán personas constantemente en contacto con los residuos, donde estos últimos pueden atraer roedores u otros animales y pueden afectar las instalaciones vecinas a planta. Sumado a este equipo, los sistemas de manejo de aire y manejo de polvo hacen circular aire limpio por las áreas de trabajo y destina el aire saturado a un filtro con tal de liberarlo en la atmósfera sin gases contaminantes.

El grupo electrógeno es necesario para mantener con energía eléctrica a los equipos y sistemas de tratamiento ambiental (riles, olores, gases) en caso de corte del suministro o bajas en el voltaje de la red. Como la planta y los equipos mencionados no poseen la

capacidad de almacenaje, deben mantener un flujo continuo de entrada y salida lo que hace que ante un corte del suministro eléctrico no se pueda tratar los elementos contaminantes generados en la planta. Además, es necesario mantener el sistema de pesaje energizado durante las 24 horas del día, ya que en este lapso pueden llegar camiones recolectores.

La báscula, la tolva, el buzón y las cintas de transportación se utilizan en el proceso productivo mismo de la planta en las tareas de pesaje de camiones entrantes y salientes de la planta, descarga de camiones recolectores en la línea de selección, trasvasije directo de residuos desde camiones recolectores a camiones de transporte y recuperación manual de residuos, respectivamente. Por otro lado, los receptáculos de selección son aquellos donde el personal de recuperación arroja los residuos seleccionados desde las líneas de las cintas transportadoras. Dichos residuos son los que se destinarán a los mercados de reciclaje por lo que su contenido debe ser agrupado por tipo de desecho. Para esto último se utilizan los receptáculos de rechazo.

Las grúas horquillas son las encargadas de trasladar los receptáculos de selección hacia el área de consolidación (manejo de rechazos) y conformar una partida de material recuperado. Por tanto, el minicargador se encarga de mover residuos depositados en el suelo, tanto en el área de descarga de desechos para alimentar a las líneas de recuperación como en el área de trasvasije con tal de mover los residuos que no alcancen a ser trasvasijados. La capacidad de este tractor es pequeña y debe ser capaz de moverse con facilidad dentro de las instalaciones, por lo que su tamaño es pequeño. Por otro lado, el camión plano se destina principalmente al traslado de materiales voluminosos u otros que no puedan ser manejados por los camiones de transporte.

## 12.4 Ocupación laboral

La operación de la planta deberá contar con personal en las diferentes áreas de trabajo. La línea de recuperación trabaja un turno de 8 horas al igual que el personal administrativo. Para el caso del personal que trabaja en las tareas de trasvasije será en tres turnos de 8 horas cada uno.

La tabla 12.5 muestra el requerimiento de personal estimado para las actividades que se ejecutarán solo un turno de 8 horas por día, es decir, la cantidad de personas totales que trabajara solo un turno por cada tipo de actividad.

**Tabla 12.5** – Personal estimado un turno de operación

Actividad	Número total de personas
Selección de residuos en cintas	28
Manejo de receptáculos de selección	4
Operación en tolva de descarga	6
Operador grúas horquilla	2
Operación de consolidación (manejo de rechazos)	2
Estadístico	1
Jefe de planta	1
Personal administrativo	3
Encargado equipos ambientales (riles, olores, aire)	1
Mecánico soldador	3

Operador residuos voluminosos y camión plano	2
<b>TOTAL</b>	53

Fuente:[SantaMarta99, Elaboración propia]

De la misma forma la tabla 12.6 muestra el personal estimado para las actividades que se realizan en tres turnos de trabajo.

**Tabla 12.6** – Personal estimado tres turnos de operación.

Actividad	Número total de personas <sup>8</sup>
Control pesaje	6
Control portería	3
Operador de minicargador <sup>9</sup>	2
Operador camión transporte	6
Personal de apoyo	8
<b>TOTAL</b>	23

Fuente:[SantaMarta99, Elaboración propia]

---

<sup>8</sup> Este valor corresponde a la totalidad de los trabajadores que están bajo el régimen de tres turnos, es decir, por ejemplo, en control de pesaje trabajan dos personas por cada turno.

<sup>9</sup> El minicargador trabajará solo dos turnos.

## 12.5 Obras físicas

Las obras físicas necesarias para la construcción e implementación de la planta de transferencia y recuperación de desechos deben ser acorde a los requerimientos de flujos, accesos y de acuerdo al layout definido con antelación en este documento.

Una clasificación general de las etapas necesarias y las obras físicas se lista a continuación:

Medición topográfica del terreno.

Movimiento de tierra.

Implementación de redes de agua, redes eléctricas y de comunicación subterráneas.

Construcción de fundaciones para los edificios, máquinas y báscula.

Construcción de lozas de trasvasije, recuperación, pesaje y de almacenamiento.

Construcción de edificio techado y cerrado para manejo de residuos (trasvasije y recuperación)

Construcción de oficinas, salas de control, comedores, sala de servicios, etc.

Instalación e implementación de equipos de tratamiento de riles, olores y aire.

Instalación de cintas transportadoras, buzón y plataforma de descarga.

Construcción de red vial.

Construcción de accesos y cierres perimetrales.

Las obras físicas necesarias deben ser capaces de soportar el peso de los camiones que circularán constantemente por las lozas y pistas de la planta. Además como su operación incluye el manejo de residuos que pueden ser peligrosos para la salud humana, es necesario que el diseño cumpla con los requerimientos ambientales vigentes tanto a nivel nacional

como mundial, ya que es posible que la actual legislación aplicable a este tipo de instalaciones y naturaleza de industria contenga mayores requerimientos a futuro.

Si bien, esta es una clasificación general de las obras físicas es necesario realizar un diseño arquitectónico y un estudio de ingeniería de detalle que permita tener mayor precisión en las obras necesarias para construir la planta. Sin embargo, la clasificación antes planteada permite tener un primer nivel de aproximación a un costo de construcción que será usado más adelante para realizar los cálculos de los indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, etc.). No obstante lo anterior, cualquier diseño definido por los arquitectos o ingenieros constructores deberá mantener la configuración mostrada en el layout de planta de la figura 12.2 y la superficie requerida para cada área.

## 13 Calendarización del proyecto

Para definir los tiempos de ejecución de las actividades para poner en marcha la planta de recuperación y transferencia es necesario adecuar la programación de actividades de acuerdo a un proceso de licitación que sea generado por la municipalidad con jurisdicción en el terreno seleccionado para la construcción de la planta.

Para el caso del presente estudio, se eligió una ubicación en el sector industrial denominado “El Salto” en la comuna de Viña del Mar, por lo tanto, antes de comenzar a realizar cualquier actividad relacionada con la puesta en marcha del proyecto de la planta, es necesario, como punto de partida, adjudicarse una licitación que llame a concurso aquellas propuestas que apunten a una disposición final de residuos sólidos urbanos provenientes de la comuna en cuestión.

Tomando como base lo anterior se programará un calendario de actividades relacionadas a la puesta en marcha del proyecto a partir de abril del año 2004 y tomando en cuenta tiempos aproximados de realización de las actividades obtenidos a partir de experiencias nacionales relacionadas a la naturaleza del proyecto, como es el caso del proyecto de construcción de la estación de transferencia Santa Marta en la ciudad de Santiago. El mencionado calendario asume el inicio de una licitación a partir del mes de abril del año 2004, a fin de tomar en cuenta este factor, necesario para el desarrollo y construcción de una planta de recuperación y transferencia

A modo genérico se listan a continuación las actividades necesarias para la puesta en marcha de la planta bajo estudio en este proyecto.



Desarrollo de actividades previas para concursar en la licitación de manejo final de RSU en la comuna de Viña del Mar (licitación)

Elaboración de propuesta para concursar en el proceso de licitación.

Adjudicación de la licitación y trámites legales de inicio de estudios e inicio de actividades.

Proceso de subcontratación de empresas constructoras.

Planificación de actividades de construcción y desarrollo de obras.

Levantamiento topográfico, definición de planimetría y altimetría del sitio.

Planimetría de ubicación relativa del sitio respecto al plan regulador.

Mediciones en terreno.

Desarrollo de diseños arquitectónicos e ingeniería de detalle.

Cotización y compra de materiales e insumos para el inicio de obras de construcción.

Contratación de suministros de servicios básicos (agua potable, energía eléctrica, comunicación y evacuación de aguas servidas).

Construcción de obras básicas.

Terminaciones e implementación de instalaciones.

Proceso de selección de personal y contratación de servicios de apoyo.

Capacitación de personal.

Pruebas de máquinas e instalaciones operativas.

Certificación del Servicio de Salud y CONAMA para el inicio de actividades.

Inauguración e inicio de actividades.

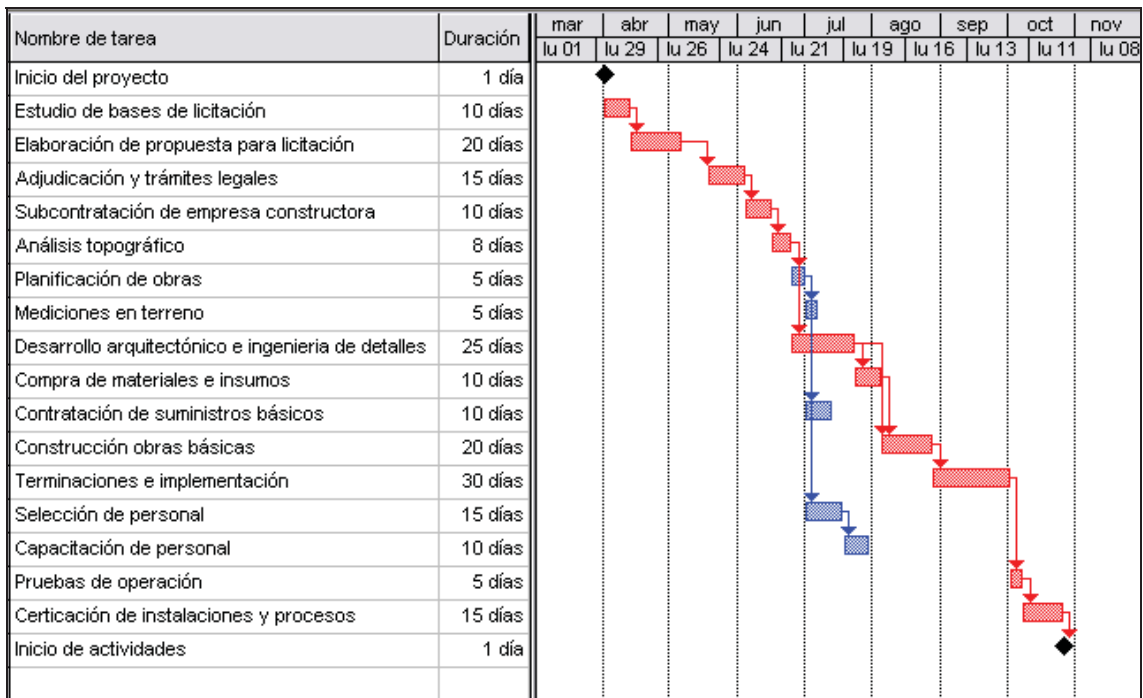
Si bien las actividades listadas anteriormente son generales, y pueden ser reclasificadas según el desarrollo de un proyecto de esta naturaleza según común acuerdo con los entes participantes (Municipalidad, Gobierno Regional, empresas constructoras, organismos reguladores, etc.), el ámbito o actividades que engloba cada ítem es necesario para la construcción de una planta de transferencia y recuperación de residuos sólidos urbanos provenientes de la comuna de Viña del Mar en un inicio y, eventualmente, otras comunas cercanas a la antes mencionada.

La lista mostrada con antelación se desarrolla a partir de un estudio de los procesos legales de manejo de residuos sólidos urbanos, análisis de la experiencia de la puesta en marcha de la estación de transferencia “Santa Marta” en la ciudad de Santiago y aspectos relacionados con la naturaleza del proyecto, como lo son por ejemplo, experiencias de reciclaje desarrolladas en la Unión Europea o la literatura relacionada al manejo de residuos en América Latina, donde esta última se encuentra definida en gran parte en la bibliografía de este estudio.

Con las actividades mencionadas se puede confeccionar una carta Gantt tomando como supuestos básicos el inicio del proceso de licitación para disposición final de RSU en la comuna de Viña del Mar y la adjudicación de este proyecto como propuesta para la licitación mencionada.

La carta Gantt asociada a la Calendarización del presente proyecto se muestra en la figura 13.1.

Figura 13.1 – Carta Gantt del proyecto



Como se mostró en la figura anterior, el proyecto tiene una duración estimada de 30 semanas, tomando como base un periodo laboral de 6 días a la semana con un turno de 8 horas diarias desde las 8:00 hasta las 13:00 en una primera parte y desde las 14:00 hasta las 17:00 en una segunda parte.

La carta Gantt muestra que la mayoría de las actividades son de carácter crítico, es decir, la demora de cualquiera de ellas hará que el proyecto se retrase en su totalidad. Sin embargo, la calendarización presentada es una estimación *a priori* de la programación del proyecto y la ruta crítica puede cambiar conforme se agreguen holguras de tiempo a alguna de las tareas, con el incremento en los costos totales de implementación del proyecto por cierto, disminuyendo la cantidad de tareas que requieran un mayor control. Lo anterior queda sujeto a un análisis de costos y beneficios de asignar tiempos y niveles de calidad a cada una de las actividades que se desarrollarán. Es importante para determinar esto la planificación de

obras y tiempos de ejecución del proyecto (implementación y construcción) en conjunto con la empresa constructora y equipo de desarrollo de la ingeniería de detalle.

## 14 Análisis de costos

A partir de las consideraciones técnicas de operación descritas en capítulos anteriores se puede determinar los costos asociados para la construcción y operación de la planta de recuperación de residuos sólidos urbanos. En el presente capítulo se describen todos los costos del proyecto, tanto los costos de inversión como costos fijos y variables asociados a lo largo de la vida útil de la planta.

A fin de evitar los efectos inflacionarios que puedan afectar los valores indicados en cada ítem se utilizara unidades monetarias reales (UF). Se considerará el valor de la unidad de fomento correspondiente al valor de cierre del mes de junio de 2003 con valor igual a \$ 16.939,27.

### 14.1 Costos de inversión

En esta sección se incluyen los costos asociados a la inversión del Proyecto. Estos costos tienen la particularidad de que son realizados una sola vez ya sea al inicio del Proyecto, como inversión inicial, o en algún momento de la vida útil de la empresa a fin de expandir las operaciones o modernizar procesos, por ejemplo.

No obstante lo anterior, en este capítulo sólo se mencionará los costos de inversión asociados al inicio de las actividades de la planta, es decir, a la inversión inicial. Si bien se mencionó anteriormente en el capítulo relacionado a la capacidad productiva, se realizarán expansiones en la capacidad de trabajo cada 5 años con el fin de hacer frente al creciente

aumento de la producción de basura en la comuna. Dichas expansiones se traducen en inversiones que se detallan más adelante.

Todos los costos aquí explicitados fueron obtenidos por los autores mediante cotizaciones directas con los proveedores de cada material o servicio y se utiliza el valor promedio de mercado para elementos en que existe más de un proveedor.

### 14.1.1 Activos fijos

Las inversiones en activos fijos corresponden a todos los elementos e instalaciones necesarias para conformar un soporte para la operación de la planta. Dentro de este grupo se incluyen, por ejemplo, los vehículos de transporte, computadores, mobiliarios, instalaciones y equipos.

Los activos fijos y los costos que se incurren en ellos se muestran en la tabla 14.1.

**Tabla 14.1** – Costos de activos fijos

Activo fijo	Costo (UF)
Galpón 2900 mt <sup>2</sup>	10.009
Oficinas 210 mt <sup>2</sup>	1.832
Vías e instalaciones exteriores 500 mt <sup>2</sup>	1.147
1 Equipo soldadura arco Indura 250 S	36
1 Grupo electrógeno Luyere JS180K	1.063

2 Cinta transportadora Homeberger	1.133
44 Receptáculos selección B&D	626
6 Receptáculos manejo de rechazos B&D	227
1 Sistema manejo de olores Ecosynergy	226
1 Báscula Rostek	425
1 Tolva	2.066
1 Sistema de ventilación	118
Equipos computación (8 PC más instalación red)	207
Mobiliario	168
1 Estanque acumulador riles	58
4 Semiremolque piso móvil	8.855
4 Camiones Freightliner FL - 112T 6x4	12.067
1 Camión plano Chevrolet Kodiak 211"	1.476
1 Camioneta Nissan MD211	400
1 Furgon utilitario Peugeot Partner 1,9D	407
1 Minicargador Komatsu SK05J-2	1.290
2 Grúa horquilla rotatoria Toyota 7FD30F4	3.346
<b>Total inversión Activos Fijos</b>	<b>47.182</b>

Fuente: Elaboración propia

Los principales proveedores y entidades que fueron consultados<sup>10</sup> para obtener los valores mencionados en la tabla 14.1 se listan a continuación:

Cámara Chilena de la Construcción [CACHICO03]

Indura Chile S.A.

Luyere Chile S.A.

Herman Mies y Compañía Ltda.

AARON Scale

SAP Pesaje

Komatsu

Ameco Chile S.A.

SK Comercial S.A.

Ekovacs

Kauffmann S.A.

Empresa Homberger

Empresa Metal B&D

Empresa Ecosynergy

Empresa Rostec

Empresa Pesco

DICSA S.A.

Finning Caterpillar

SODIMAC Constructor

<sup>10</sup> Cabe destacar que la modalidad de pago de cada ítem cotizado es al contado.



### 14.1.2 Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde a todos los recursos monetarios o económicos que se requieren para que el sistema opere en forma normal, conceptualmente es la caja o el efectivo que se necesita para la puesta en marcha de las operaciones hasta que se normalicen los retornos esperados.

En este caso, el capital de trabajo se determinará mediante el método del máximo déficit acumulado de los cuatro primeros meses. Esto se muestra en la tabla 14.2.

**Tabla 14.2** – Capital de trabajo

Meses	1	2	3	4	5
Ingresos (UF)	0	0	9.952	9.518	9.927
Egresos (UF)	-5.119	-4.791	-5.101	-4.772	-4.997
Saldo (UF)	-5.119	-4.791	4.851	4.746	4.930
<b>Déficit acumulado (UF)</b>	<b>-5.119</b>	<b>-9.910</b>	<b>-5.059</b>	<b>-313</b>	<b>4.617</b>

Fuente: Elaboración propia

Un punto importante de destacar es que los egresos se efectúan antes que se perciban los ingresos. Al final del mes 1 se emite la factura por el valor a cobrar a la municipalidad correspondiente al primer periodo de operación, pero solo luego de 30 días se percibe el pago por dicha factura, en otras palabras, a fines del segundo mes. Por ello es que durante los dos primeros meses de operación sólo se efectúan egresos, 5119 UF y 4791

UF respectivamente, por conceptos de operación que deben ser solventados por un capital de trabajo.

Según se logra visualizar en el cuadro anterior, el máximo déficit acumulado alcanza las 9.910 UF, valor que se desglosa en 5.119 UF de egresos de operación del mes 1 y 4.791 UF correspondientes a los egresos del mes 2. Por consiguiente, el capital de trabajo necesario es 9.910 Unidades de Fomento.

### 14.1.3 Activos nominales

En este apartado se incluyen todos aquellos egresos por conceptos de trámites legales, permisos, patentes, etc. Dichos costos se muestran en la tabla 14.3.

**Tabla 14.3** – Egresos por activos nominales

Activos Nominales	Valor (UF)
Terreno municipal en comodato	6.000
Iniciación de actividades	1,5
Fusión de roles	9,6
Facturas	2,4
Otros	0,6
<b>Total inversión Activo Nominales</b>	<b>6.014</b>

Fuente: [IMVM03]

La inclusión del valor del terreno en activos nominales obedece a existe un pago por derecho de utilización del terreno municipal facilitado, este se realiza una sola vez, en su totalidad, valor que se asume como inversión por realizarse al inicio del proyecto..

En consecuencia y tomando a suma de los egresos por activos nominales, activos fijos y el capital de trabajo, se muestra en la tabla 14.4 los costos totales de inversión inicial.

**Tabla 14.4** – Costos totales de inversión inicial

Elementos de inversión	Costo (UF)
Activos Fijos	47.182
Activos Nominales	6.014
Capital de trabajo	9.910
<b>Total Inversiones</b>	<b>63.106</b>

Fuente: Elaboración propia

## 14.2 Costos de operación

Los costos de operación son aquellos que la empresa debe incurrir mensualmente o por otro periodo de tiempo que son consecuencia de las distintas actividades que realiza. Estos costos pueden ser de dos tipos, fijos y variables. Los primeros son independientes de las toneladas de residuos sólidos manejadas y recuperadas por la planta, mientras que los segundos se relacionan directamente a la cantidad de desechos que se trabaje.

### 14.2.1 Costos fijos

Es importante señalar que el consumo, y por lo tanto el costo, de energía eléctrica, agua y comunicaciones se calculó a partir de los requerimientos de las instalaciones y equipos necesarios para el funcionamiento de la planta. Si bien los cambios previstos para el quinto y décimo año de operación pueden hacer variar el consumo de dichos insumos, estos valores no afectarán de manera considerable los costos en relación a los demás costos de operación, por lo que se considerará estos egresos de insumos fijos para toda la vida útil del Proyecto. Además, todos los requerimientos (personal, equipos, etc.) fueron calculados a partir del nivel de operación del quinto año de vida útil de la planta. En la tabla 14.5 se puede indicar los costos fijos de la planta, estos se dividen en tres grandes bloques: Remuneraciones, servicios y otros.

**Tabla 14.5** – Costos fijos anuales

Ítem costo fijo	Costo anual (UF)
<b>Remuneraciones</b>	
28 personas selección de residuos en cintas	3.780
4 personas manejo de contenedores de selección	540
6 Operadores en tolva de descarga	810
2 Operadores grúas horquilla	270
2 Operadores de manejo de rechazos	240
1 Estadístico	300
1 Jefe de planta	550

3 Administrativos	660
1 Encargado equipos ambientales	115
3 Mecánicos soldadores	375
2 Operadores residuos voluminosos y camión plano	260
6 Personas Control pesaje	768
3 Personas Control portería	300
2 Operadores de minicargador	250
16 Operadores camión transporte	3.360
8 Personas de apoyo a los procesos	800
<b>Servicios</b>	
Alimentación	2.763
Limpieza	1.500
Seguridad Industrial	1.133
Energía eléctrica	1.020
Agua potable y alcantarillado	426
Comunicación (teléfono, fax, Internet)	35
<b>Otros</b>	
Artículos de oficina	36
Patente Industrial	96
Vacaciones personal	1.115
Permisos circulación y patentes	26

<b>Total Costos Fijos</b>	<b>21.528</b>
---------------------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

### 14.2.2 Costos variables

Estos costos, como se mencionó anteriormente, dependen del nivel de producción de la planta. Por lo tanto son relativos a la cantidad de residuos sólidos urbanos que puede procesar la planta, es decir, la cantidad de toneladas de desechos que ingresan a ella, ya que como la planta no almacena residuos todo lo que ingresa a ella o es despachada al relleno sanitario o a los diversos compradores de materiales recuperados en las instalaciones de la planta.

En este caso los costos variables están relacionados a la cantidad de residuos que trate la planta. Sin embargo, los costos variables se reflejan solo en la mantención y operación de los equipos y vehículos que trasladan residuos desde la planta hasta el relleno sanitario. Los residuos que ingresan a la planta deben pasar por los mecanismos de separación cuya capacidad es fija y por lo tanto sus costos también lo son. Los costos de mantención de equipos y vehículos se refiere a aquellos costos de repuestos y ajustes de motores, neumáticos, aceites y limpieza de mecanismos críticos (caso de equipos). Por otro lado, el costo de operación de equipos y vehículos se refiere a combustible que utilizan para llevar a cabo su labor.

Para estimar los costos variables de cada año de operación se utilizará una proyección de ellos tomando como base el primer año de operación. En otras palabras, se proyectarán los costos variables correspondientes a una producción de RSU de 330 toneladas promedio diarias entrantes a la planta. Esto significa que se desvían 112.313 toneladas anuales de

residuos que se destinan al relleno sanitario, siendo este último valor la fuente de generación de dichos costos. La siguiente expresión muestra la fórmula utilizada para proyectar los costos variables.

$$CV_i \approx \left( \frac{TR_i}{TR_{\text{año 5}}} \right)^f \times (CV_{\text{año 5}})$$

Donde:

$TR_i$ : Toneladas al relleno sanitario en el año  $i$ .

$TR_{\text{año 5}}$ : Toneladas al relleno sanitario en el año 5.

$CV_i$ : Costo variable año  $i$

$CV_{\text{año 5}}$ : Costo variable año 5.

$f$ : factor de eficiencia.

El factor de eficiencia ( $f$ ) se estima en 0.9 puesto que el valor de la mantención y el consumo de combustible aumentan conforme al paso del tiempo. Esto quiere decir que para un mismo equipo o vehículo, la mantención preventiva que se le realiza debe ser más completa y profunda por lo que su valor también aumenta. Lo mismo ocurre para el consumo de combustible ya que luego de la mantención los motores no se pueden obtener el mismo rendimiento que proporciona el fabricante. Para años posteriores al año base, por tanto, los equipos y vehículos están más viejos y su mantenimiento y operación es más costosa.

Los costos variables correspondientes al año base (primer año) se muestran en la tabla 14.6 de a continuación.

**Tabla 14.6** – Costos de mantención y operación primer año

Ítem	Costo anual (UF)
<b>Mantención</b>	
camión tracto	522
camión plano	84
camioneta	40
utilitario	40
minicargador	138
grúa horquilla	141
Sistema ventilación	5
Sistema manejo de olores	6
Estanque	3
Red computacional	22
Cintas transportadoras	6
Semiremolques	30
<b>Operación</b>	
Grupo electrógeno	6
camión tracto	565



camión plano	64
camioneta	21
utilitario	16
minicargador	58
grúa horquilla	41
<b>Total costos variables mantención y operación</b>	<b>1.806</b>

Fuente: Elaboración propia

Los valores mostrados en cada ítem de costos corresponden al número total de ellos presentes en las actividades de la planta y están calculados según las horas de utilización de cada uno de ellos, los kilómetros que recorren y las eficiencias definidas por los fabricantes.

Los mismos costos definidos en la tabla anterior se pueden reagrupar de la forma que se muestra en la tabla 14.7.

**Tabla 14.7** – Costos base para la proyección

Ítem	Valor anual (UF)
<b>Mantención</b>	
Vehículos	995
Equipos	40
<b>Operación</b>	
Vehículos	765

Equipos	6
---------	---

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 14.7 y la fórmula planteada para la proyección, con valor del factor de eficiencia de 0.9, se estiman los costos variables de mantenimiento y operación de equipos y vehículos para los años de vida útil de la planta. Esto se muestra en la tabla 14.8.

**Tabla 14.8** – Proyección de costos variables

año	RSU a relleno sanitario (Ton)	Mantenimiento vehículos (UF)	Mantenimiento equipos (UF)	Operación vehículos (UF)	Operación equipos (UF)
1	112.313	995	40	765	6
2	114.801	1.015	41	780	6
3	116.965	1.032	42	794	6
4	119.440	1.052	42	809	6
5	121.616	1.069	43	822	6
6	124.146	1.089	44	837	6
7	126.640	1.109	45	852	6
8	129.369	1.130	45	869	6
9	132.141	1.152	46	886	6
10	134.835	1.173	47	902	7
11	137.585	1.195	48	919	7

12	140.392	1.216	49	935	7
13	143.262	1.239	50	953	7
14	146.194	1.262	51	970	7
15	149.359	1.286	52	989	7

Fuente: Elaboración propia

La tercera clasificación de costos variables es la que corresponde al costo por tonelada que se deposita en el relleno sanitario. Su valor se estima a partir de las toneladas promedio que se generarán cada año, las cuales son enviadas desde la planta al relleno sanitario de “El Molle” el cual posee un precio de \$5.300 por tonelada de desechos recibidos. La siguiente tabla 14.9 muestra estos costos para la vida útil de la planta.

**Tabla 14.9** – Costos variables por disposición final de RSU

Año	Toneladas de RSU a relleno	Costo (UF)
1	112.313	35.141
2	114.801	35.919
3	116.965	36.596
4	119.440	37.371
5	121.616	38.052
6	124.146	38.843

7	126.640	39.623
8	129.369	40.477
9	132.141	41.345
10	134.835	42.188
11	137.585	43.048
12	140.392	43.926
13	143.262	44.824
14	146.194	45.742
15	149.359	46.732

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, los costos totales variables por año corresponden a la suma del costo variable por disposición final de RSU más el total del costo anual de operación y el costo anual de mantención. Esto se presenta en la tabla 14.10.

**Tabla 14.10** – Costos variables totales

Año	Disposición Final (UF)	Costo Operación (UF)	Costo Mantención (UF)	Total (UF)
1	35.141	771	1.035	<b>36.947</b>
2	35.919	786	1.056	<b>37.761</b>
3	36.596	799	1.074	<b>38.469</b>

4	37.371	815	1.094	<b>39.280</b>
5	38.052	828	1.112	<b>39.992</b>
6	38.843	843	1.133	<b>40.819</b>
7	39.623	859	1.153	<b>41.635</b>
8	40.477	875	1.176	<b>42.528</b>
9	41.345	892	1.198	<b>43.435</b>
10	42.188	909	1.220	<b>44.317</b>
11	43.048	925	1.243	<b>45.216</b>
12	43.926	942	1.265	<b>46.134</b>
13	44.824	960	1.289	<b>47.072</b>
14	45.742	977	1.312	<b>48.032</b>
15	46.732	996	1.338	<b>49.066</b>

Fuente: Elaboración propia

### 14.3 Costos totales de operación

Teniendo calculados los costos totales fijos y los costos totales variables se obtiene los costos totales de operación sumando ambos valores. Lo anterior se obtiene sumando el costo total variable y el costo total fijo correspondiente a la operación de cada año durante la vida útil de la planta. No obstante lo anterior, y como se mencionó con anterioridad, la capacidad de la planta se ampliará al quinto y décimo año de operación, por lo tanto, los costos fijos se verán afectados producto del aumento del personal requerido para atender el aumento de la producción.

### 14.3.1 Variación de capacidad de operación en la vida útil del proyecto

Durante la vida útil de la planta, se estima que se llevarán a cabo dos inversiones producto de cambios en la capacidad de operación de la planta. Como se mencionó anteriormente, la capacidad de la planta está diseñada según el nivel de producción de RSU en la comuna, es decir, producción correspondiente al quinto año de operación (año 2008). En los cuatro primeros años de operación existirá una capacidad ociosa de las instalaciones. Por tanto, para operar desde el año 5 hasta el año 10 se ampliará la capacidad de operación para hacer frente a los requerimientos en el quinto año de operación. Los cambios a realizar se muestran a continuación:

Aumento en el personal de recuperación de residuos en las cintas en cuatro operarios.

Aumento de los receptáculos de selección en cuatro unidades.

Inversión en la compra de dos cintas de transporte de 6 metros de longitud y el mismo ancho y características de las ya existentes.

El mismo evento se repite para la operación desde el décimo año de operación hasta el decimoquinto año de trabajo. La ampliación en la forma de operación es:

Aumento en el personal de recuperación de residuos en las cintas en siete operarios.

Aumento de los receptáculos de selección en siete unidades

Los operarios “extra”, que se incluyen en los mencionados cambios en la operación de recuperación en la planta, trabajarán dentro del mismo turno que los demás trabajadores (desde las 9:00 horas hasta las 17:00 horas), por lo que no se tendría que aumentar los turnos. Además se contempló en el espacio de trabajo la inclusión de nuevas cintas y superficie de trabajo para nuevos operarios al diseñar el *layout* de planta mostrado en el capítulo de prediseño físico.

Debido a lo anterior se realizará una inversión en el año 5 de operación por la compra de dos cintas de transporte más la compra de 4 receptáculos de recuperación (contenedores de selección). Esta inversión se muestra en la tabla 14.11. Por otro lado se verán afectados los costos fijos por la inclusión de más personal operando en la línea de separación (cintas de transporte), lo que se muestra en la tabla 14.12.

**Tabla 14.11** – Inversión en el año 5 de operación.

Inversión	Costo (UF)
Cinta transportadora 6 metros	472
Cinta transportadora 6 metros	472
4 receptáculos de selección	2
<b>Total inversión</b>	<b>946</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14.12** – Costos fijos segundo periodo de operación

Ítem costo fijo	Costo anual (UF)
<b>Remuneraciones</b>	
32 personas selección de residuos en cintas	4.320
4 personas manejo de receptáculos de selección	540
6 Operadores en tolva de descarga	810
2 Operadores grúas horquilla	270
2 Operadores de manejo de rechazos	240

1 Estadístico	300
1 Jefe de planta	550
3 Administrativos	660
1 Encargado equipos ambientales	115
3 Mecánicos soldadores	375
2 Operadores residuos voluminosos y camión plano	260
6 Personas Control pesaje	768
3 Personas Control portería	300
2 Operadores de minicargador	250
16 Operadores camión transporte	3.360
8 Personas de apoyo a los procesos	800
<b>Servicios</b>	
Alimentación	2.910
Limpieza	1.500
Seguridad Industrial	1.133
Energía eléctrica	1.020
Agua potable y alcantarillado	426
Comunicación (teléfono, fax, Internet)	35
<b>Otros</b>	
Artículos de oficina	36
Patente Industrial	96



Vacaciones personal	1.160
Permisos circulación y patentes	26
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>22.260</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año décimo de operación se realizará una inversión menor correspondiente a la compra de 7 receptáculos de selección, lo que muestra en la tabla 14.13. Por otro lado, se verán afectados también los costos fijos por concepto de mayor número de remuneraciones producto del aumento de personal en las líneas de separación. Esto se ve en la tabla 14.14.

**Tabla 14.13** - Inversión en el año 10 de operación

Inversión	Costo (UF)
7 receptáculos de selección	3
Total inversión	3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14.14** – Costos fijos en el tercer periodo de operación

Ítem costo fijo	Costo anual (UF)
<b>Remuneraciones</b>	
39 personas selección de residuos en cintas	5.265
4 personas manejo de receptáculos de selección	540
6 Operadores en tolva de descarga	810
2 Operadores grúas horquilla	270

2 Operadores de manejo de rechazos	240
1 Estadístico	300
1 Jefe de planta	550
3 Administrativos	660
1 Encargado equipos ambientales	115
3 Mecánicos soldadores	375
2 Operadores residuos voluminosos y camión plano	260
6 Personas Control pesaje	768
3 Personas Control portería	300
2 Operadores de minicargador	250
16 Operadores camión transporte	3.360
8 Personas de apoyo a los procesos	800
<b>Servicios</b>	
Alimentación	3.021
Limpieza	1.500
Seguridad Industrial	1.133
Energía eléctrica	1.020
Agua potable y alcantarillado	426
Comunicación (teléfono, fax, Internet)	35
<b>Otros</b>	
Artículos de oficina	36

Patente Industrial	96
Vacaciones personal	1.239
Permisos circulación y patentes	26
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>23.395</b>

Fuente: Elaboración propia

### 14.3.2 Costos totales proyectados durante la vida útil

Tomando en consideración el cambio en la capacidad de operación realizados en el quinto y décimo año de actividad de la planta, además de la variación anual de costos de disposición final en el relleno sanitario, se muestran los costos de cada año de vida útil de la planta en la tabla 14.15.

**Tabla 14.15** – Proyección de costos durante la vida útil

<b>Año</b>	<b>Costo fijo (UF)</b>	<b>Costo variable (UF)</b>	<b>Costo total (UF)</b>
<b>1</b>	21.528	36.947	<b>58.475</b>
<b>2</b>	21.528	37.761	<b>59.289</b>
<b>3</b>	21.528	38.469	<b>59.997</b>
<b>4</b>	21.528	39.280	<b>60.808</b>
<b>5</b>	21.528	39.992	<b>61.520</b>
<b>6</b>	22.260	40.819	<b>63.079</b>
<b>7</b>	22.260	41.635	<b>63.895</b>
<b>8</b>	22.260	42.528	<b>64.788</b>

<b>9</b>	22.260	43.435	<b>65.695</b>
<b>10</b>	22.260	44.317	<b>66.577</b>
<b>11</b>	23.395	45.216	<b>68.611</b>
<b>12</b>	23.395	46.134	<b>69.529</b>
<b>13</b>	23.395	47.072	<b>70.467</b>
<b>14</b>	23.395	48.032	<b>71.427</b>
<b>15</b>	23.395	49.066	<b>72.461</b>

Fuente: Elaboración propia

## **Parte 3 Estudio Financiero**

## 15 Recursos financieros para la ejecución y operación del proyecto

En este capítulo se presentan los flujos que se llevarán a cabo durante la vida útil del Proyecto y que darán la base para la evaluación financiera que se detallará en los capítulos siguientes. Al igual que en el capítulo anterior, se considerará el valor de la unidad de fomento correspondiente al valor de cierre del mes de junio de 2003 con valor igual a \$16.939,27.

En la tabla 15.1 se muestran las inversiones que se deben realizar y el año en que éstas se harán efectivas para el proyecto intrínseco y para el financiado.

**Tabla 15.1** – Costos de inversión durante la vida útil

Año	Proyecto intrínseco [UF]	Proyecto con financiamiento [UF]
0	63.106	34.890
5	946	946
6	207	0
7	23.373	0
8	8.654	4.018
10	405	405

12	207	0
13	2	7.817,04
14	23.373	0

Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto intrínseco las inversiones en el tiempo corresponden a la actualización de los equipos que se han depreciado y las reinversiones necesarias para aumentar la capacidad productiva de la planta. La inversión inicial (año 0) corresponde a la adquisición de todos los bienes de capital necesarios, además de los activos nominales y el capital de trabajo. La del quinto año es producto del aumento de la capacidad de la estación y se traduce en la compra de las 2 cintas transportadoras de 6 metros y el aumento en el número de receptáculos. Las de los años 6, 7 y 8 representan la actualización de los sistemas computacionales, móviles necesarios (semiremolques, camiones y vehículos) y de diversos equipos (tolva, grúas horquilla, minicargadores, receptáculos y grupo electrógeno) respectivamente. En el año 10 se realiza una inversión que consta de dos componentes, el aumento de la cantidad de receptáculos para enfrentar el aumento de la carga de trabajo, y la renovación de los equipos de aire y del estanque. Como los computadores se deprecian cada 6 años, en el período 12 se debe cambiar nuevamente los sistemas computacionales. En el año 13 existe una pequeña inversión que va acorde con renovar los receptáculos que se compraron en el período quinto de actividad. Y por último en el año 14 se debe renovar nuevamente toda la flota de móviles de la empresa, es decir, los camiones, semiremolques y vehículos.

Al analizar las inversiones del proyecto financiado se tiene que su inversión inicial es mucho menor debido a la utilización de *leasing*, por lo que ésta incluye sólo a los bienes de capital financiados por deuda, los que son maquinaria (cintas y báscula), obras civiles, tolva, equipos de aire y soldadores, estanque, tolva y los receptáculos necesarios

inicialmente, además de los activos nominales y el capital de trabajo. Si bien estos bienes son comprados a través de financiamiento, cuando deban renovarse, los que se deprecian, se hará con dineros generados por la operación de la planta, sin necesitar de otro préstamo bancario. Por su parte, los bienes que son financiados a través de *leasing*, seguirán usando dicho financiamiento a lo largo de la vida útil del proyecto, hasta el año 13, donde se usará la opción de compra (el valor del décimo tercer año que aparece en la tabla incluye la renovación de los receptáculos adquiridos en el período 5), exceptuando los sistemas computacionales ya que para ellos se seguirá con la modalidad de financiamiento a través de *leasing*. Por todo lo expresado, el resto de las inversiones corresponden a los mismos tópicos que se mencionaron en el análisis del proyecto intrínseco, pero sólo de los equipos financiados por medio de deuda. A modo de ejemplo el año 8 las inversiones representan la renovación de los receptáculos, la tolva, el grupo electrógeno y la soldadora y no la de los minicargadores y grúas horquilla. La depreciación de los activos se describe más adelante.

Por otro lado, los flujos positivos correspondientes a la vida útil (ingresos estimados) se presentan a continuación en la tabla 15.2. Dichos ingresos se estimaron a partir de dos fuentes, la venta de materiales recuperados y el cobro por recepción de RSU a la municipalidad.

**Tabla 15.2** – Ingresos estimados para la vida útil

Año	Ingreso total (UF)
1	67.650
2	70.255
3	72.222
4	75.269





Toneladas a relleno <sup>11</sup>	112.313	114.801	116.965	119.440	121.616	124.146	126.640	129.369	132.141	134.835	137.519
Costo de disposición	35.141	35.919	36.596	37.371	38.051	38.843	39.623	40.477	41.345	42.187	43.069
Mantenimiento de vehículos	995	1.015	1.032	1.052	1.069	1.089	1.109	1.130	1.152	1.173	1.194
Mantenimiento de equipos	40	41	42	42	43	44	45	45	46	47	48
Operación de vehículos	765	780	794	809	822	837	852	869	886	902	919
Operación de equipos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7
Total costos variables	36.947	37.761	38.470	39.279	39.991	40.819	41.635	42.528	43.435	44.316	45.209
<b>Costos fijos</b>											
Remuneraciones separadores	4.095	4.095	4.095	4.095	4.095	4.680	4.680	4.680	4.680	4.680	5.265
Remuneraciones personal	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398	10.398
Servicio alimentación	2.763	2.763	2.763	2.763	2.763	2.910	2.910	2.910	2.910	2.910	3.057
Servicio limpieza	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Seguridad industrial	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133	1.133
Energía eléctrica	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020
Agua potable y alcantarillado	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426
Comunicaciones	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Artículos de oficina	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Permisos de circulación	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

<sup>11</sup> Este ítem corresponde a las toneladas que no desvían hacia mercados de reciclaje, por lo que se destinan al relleno sanitario.

Patentes	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Total costos fijos	21.528	21.528	21.528	21.528	21.528	22.260	22.260	22.260	22.260	22.260	23.
<b>Total costos de operación</b>	<b>58.475</b>	<b>59.289</b>	<b>59.998</b>	<b>60.807</b>	<b>61.519</b>	<b>63.079</b>	<b>63.895</b>	<b>64.788</b>	<b>65.695</b>	<b>66.576</b>	<b>68.</b>

Fuente: Elaboración propia

## 16 Proyecciones Financieras

En este capítulo se analizarán las necesidades totales de recursos financieros en conjunto con las proyecciones de ingresos financieros, que se obtienen de la operación de la planta. Para este efecto se presentará el cuadro de ingresos y gastos totales proyectados y el cuadro de resultados inicial.

Para tener una idea clara de cómo se comportará el Proyecto a lo largo de su vida útil se puede utilizar el cuadro de ingresos y gastos totales proyectados a lo largo de la vida útil del proyecto, dicho cuadro se muestra en la tabla 16.1

**Tabla 16.1** - Cuadro de Ingresos y Gastos Totales (UF)

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Ingresos Totales		67.650	70.255	72.222	75.269	77.766	81.549	81.981
Costos operacionales		58.475	59.289	59.998	60.807	61.519	63.079	63.895
Inversiones	63.106					946	207	23.373
<b>Diferencia entre ingresos y costos</b>		<b>9.175</b>	<b>10.966</b>	<b>12.224</b>	<b>14.462</b>	<b>16.247</b>	<b>18.470</b>	<b>18.086</b>
<b>Año</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Ingresos Totales	84.512	87.056	89.525	92.001	94.480	96.965	99.447	101.984
Costos operacionales	64.788	65.695	66.576	68.611	69.529	70.467	71.426	72.461
Inversiones	8.654		405		207	2	23.373	
<b>Diferencia entre ingresos y costos</b>	<b>19.724</b>	<b>21.361</b>	<b>22.949</b>	<b>23.390</b>	<b>24.951</b>	<b>26.498</b>	<b>28.021</b>	<b>29.523</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se ha explicado en varias ocasiones, la decisión de reinversión se hace en función de la cantidad de residuos a manejar en el último año de cada período. Como para el segundo período (desde 2009 al 2013) sólo se requeriría que las cintas de separación crezcan en dos metros mientras que para el tercer período deberían crecer nuevamente pero esta vez en 4 metros, es absurdo comprar cintas transportadoras de 2 metros en el segundo período, siendo una mejor decisión adquirir cintas que satisfagan las necesidades totales de los dos periodos restantes. La inversión presentada en el año 10 (2013) sólo corresponde al aumento en los receptáculos de separación necesarios debido al aumento de personal en la misma línea de producción.

Como la planta requiere de construcciones, equipos y flota de vehículos para laborar correctamente, cada uno de estos elementos tiene una vida útil diferente definida en las normas del SII. Por ello en la tabla 16.2 se presentan los valores de la vida útil de cada elemento de la estación depreciados normalmente ya que no se utilizará una depreciación acelerada.

La tasa de impuesto a la renta está fijada en un 17 %, según como se estipula en el informe "Características del mercado bursátil de Chile", que cada año es presentado por la Bolsa de Comercio de Santiago [BolsaSantiago03]. Con esta información, se puede realizar un análisis más profundo de los datos financieros a través de un Cuadro de Resultado Inicial, el que se presenta en la tabla 16.3. Sin embargo, dicho cuadro requiere información sobre depreciaciones de elementos para estimar su valor de venta al final del proyecto, lo que se presenta en el cuadro 16.2. Se especifica en esta tabla la depreciación asociada a cada período definido, ya que esta última cambia por el aumento de la capacidad productiva de la planta.

Tabla 16.2 - Depreciaciones de elementos

Elemento	Años	Inversión [UF]	Depreciación anual [UF/año]	Valor libro al final del proyecto [UF]
Zonas de descarga	40	11.841	296,0	0
Vías internas	20	1.147	57,4	0
Camiones	7	13.543	1.934,7	11.608,286
Vehículos	7	807	115,3	691,714
Semiremolques	7	8.855	1.265,0	7.590
Minicargadores/horquillas	8	4.636	579,5	579,5
Maquinaria	15	1.558	103,9	0
Estanques	10	58	5,8	29
Sistemas computacionales	6	207	34,5	103,5
Grupos electrógenos	8	1.063	132,88	132,875
Soldadoras	8	36	4,5	4,5
Receptáculos	8	853	106,6	106,625
Equipos de aire	10	344	34,4	172
Muebles	7	168	24,0	144
Tolva	8	2.066	258,3	258,25
Cintas pequeñas 5º año	15	944	62,93	314,667
Receptáculos del 5º año	8	2	0,25	1,5

Receptáculos del 10º año	8	3	0,38	1,125
<b>Total depreciación primer período</b>	Año 1 - 5	<b>47.182</b>	<b>4.952,69</b>	<b>Valor de venta de Bienes depreciables</b>
<b>Total depreciación segundo período</b>	Año 6 - 10	<b>48.128</b>	<b>5.015,88</b>	
<b>Total depreciación tercer período</b>	Año 11 - 15	<b>48.131</b>	<b>5.016,25</b>	<b>21.420,25</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra asociado a cada elemento su inversión y depreciación anual, pero además, aparece la cantidad total que se carga a la cuenta contable "Depreciación acumulada" para cada período ya que al aumentar la capacidad productiva, aumentan los equipos comprados y, por consiguiente, su depreciación eleva los valores de depreciación. Por el mismo motivo los valores totales de inversión para cada período sólo se refieren al total invertido en bienes capitales de modo de mantener funcionando la planta y no implican que al comienzo de cada período deba invertirse dicha cantidad. La venta de bienes depreciables se refiere al valor libro que tienen los elementos utilizados (Tabla 16.2), los cuales son factibles de vender como se mencionó con anterioridad. Sin embargo, en la tabla antes expuesta no se incluyen todos los elementos que podrían ser vendidos ya que por cláusulas de las Bases de Licitación de la Disposición final de los RSU de Viña del Mar "...lo construido en el terreno municipal, luego del término del contrato, pasa automáticamente al poder de la municipalidad"[IMV03], por lo que los galpones, oficinas, rutas internas y zonas de descarga no podrán ser vendidos al final de la vida útil del Proyecto.

**Tabla 16.3** - Cuadro de Resultados Inicial

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Ingresos operacionales	67.650	70.255	72.222	75.269	77.766	81.549	81.981
Venta de bienes depreciables	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total ingresos</b>	<b>67.650</b>	<b>70.255</b>	<b>72.222</b>	<b>75.269</b>	<b>77.766</b>	<b>81.549</b>	<b>81.981</b>
Gastos operacionales fijos	21.528	21.528	21.528	21.528	21.528	22.260	22.260
Gastos operacionales variables	36.947	37.761	38.470	39.279	39.991	40.819	41.635
<b>Gastos operacionales totales</b>	<b>58.475</b>	<b>59.289</b>	<b>59.998</b>	<b>60.807</b>	<b>61.519</b>	<b>63.079</b>	<b>63.895</b>
Depreciación	4.953	4.953	4.953	4.953	4.953	5.016	5.016
<b>Utilidad bruta</b>	<b>4.223</b>	<b>6.013</b>	<b>7.272</b>	<b>9.509</b>	<b>11.294</b>	<b>13.454</b>	<b>13.070</b>
Impuestos	718	1.022	1.236	1.617	1.920	2.287	2.222
<b>Utilidad neta</b>	<b>3.505</b>	<b>4.991</b>	<b>6.036</b>	<b>7.892</b>	<b>9.374</b>	<b>11.167</b>	<b>10.848</b>

<b>Año</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Ingresos operacionales	84.512	87.056	89.525	92.001	94.480	96.965	99.447	101.984
Venta de bienes depreciables	0	0	0	0	0	0	0	21.420
<b>Total ingresos</b>	<b>84.512</b>	<b>87.056</b>	<b>89.525</b>	<b>92.001</b>	<b>94.480</b>	<b>96.965</b>	<b>99.447</b>	<b>123.404</b>
Gastos operacionales fijos	22.260	22.260	22.260	23.395	23.395	23.395	23.395	23.395
Gastos operacionales variables	42.528	43.435	44.316	45.216	46.134	47.072	48.031	49.066
<b>Gastos operacionales totales</b>	<b>64.788</b>	<b>65.695</b>	<b>66.576</b>	<b>68.611</b>	<b>69.529</b>	<b>70.467</b>	<b>71.426</b>	<b>72.461</b>
Depreciación	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016
<b>Utilidad bruta</b>	<b>14.708</b>	<b>16.345</b>	<b>17.933</b>	<b>18.374</b>	<b>19.935</b>	<b>21.482</b>	<b>23.005</b>	<b>45.927</b>
Impuestos	2.500	2.779	3.049	3.124	3.389	3.652	3.911	7.808
<b>Utilidad neta</b>	<b>12.208</b>	<b>13.566</b>	<b>14.884</b>	<b>15.251</b>	<b>16.546</b>	<b>17.830</b>	<b>19.094</b>	<b>38.120</b>



Fuente: Elaboración propia

Sólo en el año 15 aparecen ingresos por venta de bienes depreciables debido a que para este estudio se asumió un valor residual de los bienes igual al valor libro, por lo que al renovar los equipos a lo largo del proyecto cuando éstos se deprecian completamente (valor libro = 0), sus valores residuales son cero, lo que implica que no existen ingresos por venta de bienes de capital entre los años 1 a 14.

Para finalizar se presenta el Cuadro de Usos y Fuentes del proyecto intrínseco en la tabla 16.4.

**Tabla 16.4** - Cuadro de Usos y Fuentes del proyecto intrínseco

Período	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Fuente de Fondos</b>								
Utilidad Neta	0	3.505	4.991	6.036	7.892	9.374	11.167	10.848
Capital Propio	63.106	0	0	0	0	0	0	7.509
Préstamo Banco	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación	0	4.953	4.953	4.953	4.953	4.953	5.016	5.016
<b>Total Fuentes</b>	<b>63.106</b>	<b>8.457</b>	<b>9.944</b>	<b>10.988</b>	<b>12.845</b>	<b>14.327</b>	<b>16.183</b>	<b>23.373</b>
<b>Uso de Fondos</b>								
Inversión Activo Fijo	18.988	0	0	0	0	946	207	23.373

Mueble								
Inversión Activos Nominales	14	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo	9.910	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Activo Fijo Inmueble	34.194	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Uso de Fondos</b>	<b>63.106</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>946</b>	<b>207</b>	<b>23.373</b>
<b>Saldo (Fuentes – Usos)</b>	<b>0</b>	<b>8.457</b>	<b>9.944</b>	<b>10.988</b>	<b>12.845</b>	<b>13.381</b>	<b>15.976</b>	<b>0</b>
Servicio Deuda Préstamo								
Amortizaciones	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación del Impuesto (17%)	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuotas del Leasing		0	0	0	0	0	0	0
Recuperación del Impuesto (17%)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Servicio Deuda Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Saldo (Fuentes – Usos - Servicio Deuda)</b>	<b>0</b>	<b>8.457</b>	<b>9.944</b>	<b>10.988</b>	<b>12.845</b>	<b>13.381</b>	<b>15.976</b>	<b>0</b>
Período	8	9	10	11	12	13	14	15
Fuente de Fondos								
Utilidad Neta	12.208	13.566	14.884	15.251	16.546	17.830	19.094	48.030
Capital Propio	0	0	0	0	0	0	0	0



<b>Saldo (Fuentes – Usos - Servicio Deuda)</b>	<b>8.570</b>	<b>18.582</b>	<b>19.495</b>	<b>20.267</b>	<b>21.355</b>	<b>22.844</b>	<b>737</b>	<b>53.046</b>
--	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

Respecto a esta tabla podemos decir que la renovación de equipos y vehículos se hará a través de la cuenta contable "Depreciaciones acumuladas" por lo que no significa un ingreso de flujo de dinero externo (inyecciones de capital). Además en el año 7, aunque aparecen 7.509 UF como Capital propio, este dinero también sale de la misma cuenta nombrada anteriormente pero en el análisis de flujos aparecerán como una inversión para apalear el fuerte gasto en renovación de maquinaria de dicho año.

Por otro lado, las utilidades netas del año 15 se ven aumentadas por la recuperación del capital de trabajo definido para el comienzo de las actividades de la estación, es decir, 9.910 UF.

## 17 Programa de financiamiento

El programa de financiamiento mostrará la forma en que se financiará el Proyecto, por lo que este capítulo se divide en: la descripción de los instrumentos financieros, y la creación de cuadros de información.

### 17.1 Descripción de los instrumentos financieros

Cuando una empresa se está creando y requiere de una gran inversión inicial se requiere financiamiento externo. Esto primero porque disminuye la cantidad de impuestos a pagar por causa de los intereses de los préstamos y, segundo, porque son cifras muy elevadas de dinero.

Un préstamo bancario, sea del tipo CORFO o algún instrumento financiero de instituciones bancarias, requiere que la empresa tenga un historial mínimo de un año. Por otra parte, es conveniente que las empresas de la cadena vertical de producción, asociada al manejo de basura de la ciudad de Viña del Mar, se interesen en el Proyecto ya que así se asegurará el mejor comportamiento de ellas respecto a las necesidades externas de la planta de transferencia (separación en dos grupos de materiales, precios de disposición final constantes, etc.). Por estos dos motivos se debe crear una sociedad anónima que se divide de la siguiente forma:

- Empresa externa asociada al rubro del manejo de la basura: 50 % del capital de inversión.
- Capitales propios: 50 % del capital de inversión.

El interés de las empresas del rubro se ha demostrado en el transcurso del estudio por lo que es factible este tipo de sociedad.

Respecto a los capitales propios se analizaron dos tipos de financiamiento: capitales de riesgo y financiamiento a través de deuda. El primero de ellos consta del aporte de inversionistas con el compromiso de que ellos, luego de un tiempo, vendan las acciones que les corresponden a los fundadores de la empresa, a niveles antes establecidos. Por su parte, el segundo tipo, es buscar instrumentos bancarios que aporten el dinero necesario y se respalde con garantías tipo A, es decir, garantías reales (edificios de oficinas, flota de camiones, etc.).

La decisión más conveniente es el financiamiento a través de endeudamiento, esto debido a que los intereses del préstamo disminuirán los impuestos a pagar y es factible de obtener un crédito en buenos términos. El nivel a financiar por medio de deuda es de un 35 % del total de la inversión.

Según Pablo Vacarezza, ejecutivo de empresas del Banco de Chile, "...al banco le interesan proyectos de este tipo ya que, al ser una licitación, se asegura un contrato de largo plazo lo que implica que los ingresos son más constantes y es fácil calcular los flujos de capital, lo que implica un negocio más seguro para el banco". Según el mismo ejecutivo "...las tasas de intereses de estos préstamos varía entre 0,8 a 1,2 mensual." [Vacarezza03].

El instrumento bancario elegido es el Crédito Hipotecario con Letras, el cual "financia la adquisición de locales comerciales, sitios, estacionamientos o de libre disposición. Además, se puede utilizar para la construcción, remodelación y ampliación de las instalaciones de la empresa. Se otorga en Unidades de Fomento (UF), y permite financiar hasta el 75 % del

valor de tasación comercial del bien a hipotecar, con plazo máximo de 20 años. La tasa de interés anual de este crédito es fija, compuesta por una tasa de interés de la letra de crédito más una comisión anual, se cancela con dividendos mensuales y sin período de gracia."[BancoChile03]

Este crédito junto con el aporte de la empresa asociada se utiliza para la adquisición del terreno, la construcción de la planta y compra de equipos necesarios, así como para tener el capital de trabajo necesario.

Respecto a lo que es la flota de vehículos, ya sean los camiones grandes, el camión plano, los semiremolques y las grúas horquillas, se utilizará un *leasing* del mismo banco. Dentro de esto se ocuparán dos instrumentos del área de *Leasing* Andino del Banco de Chile, el Maquileasing y el Transleasing. El primero de ellos financia la maquinaria pesada necesaria por las empresas como son los cargadores frontales y las grúas horquillas, mientras que el segundo financia la flota de camiones y semiremolques necesaria. "Este instrumento financia hasta el 100 % del costo de los equipos con plazos que van desde los 12 a los 48 meses y se puede pedir en cualquier moneda (U\$, UF, \$)"[BancoChile03]. Esto se decidió ya que las cuotas del *leasing* son consideradas gastos por lo que disminuyen la base tributaria de la empresa. Según Cristián Salazar, ingeniero de Cosemar S.A., empresa encargada de la recolección de RSU, "...la empresa financia todas sus inversiones con *leasing*, los cuales tienen tasas de interés que están entre el 1,4 y 1,6 mensual..."[Salazar03]. Esto último es una experiencia real de la conveniencia de esta forma de financiamiento

La política de pago del Crédito Hipotecario con Letras será a 8 años, sin período de gracia, en UF, en cuotas fijas y se estima una tasa de interés de un 1 % mensual, lo que implica una tasa de interés anual de 12,68 %. Se utiliza un período de 8 años ya que según Ignacio

Belaustegui, académico de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, "...por la situación actual de Chile, los bancos no están financiando proyectos con períodos mayores a 8 años..."[Belaustegui03].

La política de pago del *Leasing* de la flota de la empresa será a 4 años, por un valor igual al 100 % del costo de los equipos y en UF, con una tasa mensual estimada de 1,5 %, lo que implica una tasa de interés anual de 19,56 %.

## 17.2 Cuadros de información

Para clarificar el uso de los instrumentos financieros se presentan a continuación 4 cuadros: La tabla 17.1 muestra la forma de financiamiento de cada elemento, la tabla 17.2 el Cuadro de Pago de Amortizaciones e Intereses, la tabla 17.3 las cuotas de los *leasing* necesarios y la tabla 17.4 el Cuadro de Fuentes y Usos de Fondos con Financiamiento Externo.

**Tabla 17.1** - Formas de financiamiento

Elementos	Forma de financiamiento	Monto de inversión [UF]
Terreno	Deuda con banco	6.000
Zonas de descarga	Deuda con banco	11.841
Vías internas	Deuda con banco	1.147
Maquinaria	Deuda con banco	1.558
Estanques	Deuda con banco	58



Grupos electrógenos	Deuda con banco	1.063
Soldadoras	Deuda con banco	36
Receptáculos	Deuda con banco	853
Equipos de aire	Deuda con banco	344
Tolva	Deuda con banco	2.066
	<b>Subtotal</b>	<b>24.966</b>
Camiones	Leasing	13.543
Vehículos	Leasing	807
Semiremolques	Leasing	8.855
Minicargadores/horquillas	Leasing	4.636
Sistemas computacionales	Leasing	207
Muebles	Leasing	168
	<b>Subtotal</b>	<b>28.216</b>
	<b>Total inversión</b>	<b>53.182</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17.2** - Cuadro de Pago de Amortizaciones e Intereses

Período	Saldo Adeudado	Amortización	Interés	Pago Total
0	12.211,5			
1	12.211,5	1.526,4	1.548,42	3.074,86

2	10.685,1	1.526,4	1.548,42	3.074,86
3	9.158,6	1.526,4	1.354,87	2.881,30
4	7.632,2	1.526,4	1.161,31	2.687,75
5	6.105,8	1.526,4	967,76	2.494,20
6	4.579,3	1.526,4	774,21	2.300,65
7	3.052,9	1.526,4	580,66	2.107,09
8	1.526,4	1.526,4	387,10	1.913,54

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17.3 - Cuotas del Leasing**

Elementos	Monto de inversión [UF]	Cuotas del Leasing [UF]
Camiones	13.543	3.751,03
Vehículos	807	223,52
Semiremolques	8.855	2.452,59
Minicargadores/horquillas	4.636	1.284,04
Sistemas computacionales	207	57,33
Muebles	168	46,53
<b>Total</b>	<b>28.216</b>	<b>7.815,04</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17.4 – Cuadro de Usos y Fuentes**

<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Fuente de Fondos</b>								
Utilidad Neta	0	3.505	4.991	6.036	7.892	9.374	11.167	10.848
Capital Propio	22.679	841	0	0	0	0	0	0
Préstamo Banco	12.212	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación	0	4.953	4.953	4.953	4.953	4.953	5.016	5.016
<b>Total Fuentes</b>	<b>34.890</b>	<b>9.298</b>	<b>9.944</b>	<b>10.988</b>	<b>12.845</b>	<b>14.327</b>	<b>16.183</b>	<b>15.864</b>
<b>Uso de Fondos</b>								
Inversión Activo Fijo Mueble	5.978	0	0	0	0	946	0	0
Inversión Activos Nominales	14	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo	9.910	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Activo Fijo Inmueble	18.988	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Uso de Fondos</b>	<b>34.890</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>946</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Saldo (Fuentes – Usos)</b>	<b>0</b>	<b>9.298</b>	<b>9.944</b>	<b>10.988</b>	<b>12.845</b>	<b>13.381</b>	<b>16.183</b>	<b>15.864</b>
<b>Servicio Deuda Préstamo</b>								
Amortizaciones	0	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526	1.526
Intereses	0	1.548	1.548	1.355	1.161	968	774	581
Recuperación del Impuesto (17%)	0	263	263	230	197	165	132	99

Cuotas del Leasing		7.815	7.815	7.815	7.815	7.815	7.815	7.815
Recuperación del Impuesto (17%)		1.329	1.329	1.329	1.329	1.329	1.329	1.329
<b>Total Servicio Deuda Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>9.298</b>	<b>9.298</b>	<b>9.137</b>	<b>8.977</b>	<b>8.816</b>	<b>8.656</b>	<b>8.495</b>
<b>Saldo (Fuentes – Usos - Servicio Deuda)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>646</b>	<b>1.851</b>	<b>3.868</b>	<b>4.564</b>	<b>7.527</b>	<b>7.369</b>
<b>Período</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>Fuente de Fondos</b>								
Utilidad Neta	12.208	13.566	14.884	15.251	16.546	17.830	19.094	34.350
Capital Propio	0	0	0	0	0	0	0	0
Préstamo Banco	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016	5.016	1.677
<b>Total Fuentes</b>	<b>17.224</b>	<b>18.582</b>	<b>19.900</b>	<b>20.267</b>	<b>21.562</b>	<b>22.846</b>	<b>24.110</b>	<b>36.028</b>
<b>Uso de Fondos</b>								
Inversión Activo Fijo Mueble	4.018	0	405	0	0	7.817	0	0
inversión activos nominales	0	0	0	0	0	0	0	0
capital de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Activo Fijo Inmueble	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Uso de Fondos</b>	<b>4.018</b>	<b>0</b>	<b>405</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7.817</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Saldo (Fuentes – Usos)</b>	<b>13.206</b>	<b>18.582</b>	<b>19.495</b>	<b>20.267</b>	<b>21.562</b>	<b>15.029</b>	<b>24.110</b>	<b>36.028</b>

<b>Servicio Deuda Préstamo</b>								
Amortizaciones	1.526	0	0	0	0	0	0	0
Intereses	387	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación del Impuesto (17%)	66	0	0	0	0	0	0	0
Cuotas del Leasing	7.815	7.815	7.815	7.815	7.815	57	57	57
Recuperación del Impuesto (17%)	1.329	1.329	1.329	1.329	1.329	10	10	10
<b>Total Servicio Deuda Préstamo</b>	<b>8.334</b>	<b>6.486</b>	<b>6.486</b>	<b>6.486</b>	<b>6.486</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>Saldo (Fuentes – Usos - Servicio Deuda)</b>	<b>4.871</b>	<b>12.096</b>	<b>13.009</b>	<b>13.780</b>	<b>15.076</b>	<b>14.981</b>	<b>24.063</b>	<b>35.980</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año 1, por los gastos que se incurren en cancelar las cuotas del financiamiento asociado, los gastos son mayores a los ingresos operacionales por lo que es necesario tener una nueva inversión de 841 UF para apalear este déficit. En el año 15 las utilidades netas se ven incrementadas por la recuperación del capital de trabajo definido en capítulos anteriores, o sea, las utilidades netas del último año aumentan en 9.910 UF por este concepto.

En la tabla 17.5 se presentan los flujos de caja para el Proyecto con financiamiento externo, calculados desde el Cuadro de fuentes y usos de fondos con financiamiento.

**Tabla 17.5** – Flujos de caja para el Proyecto con financiamiento externo

Año	Total Fuentes	Total Uso de Fondos	Total Deuda	Saldo total
1	9.298	0	9.298	-841
2	9.944	0	9.298	646
3	10.988	0	9.137	1.851
4	12.845	0	8.977	3.868
5	14.327	946	8.816	4.564
6	16.183	0	8.656	7.527
7	15.864	0	8.495	7.369
8	17.224	4.018	8.334	4.871
9	18.582	0	6.486	12.096
10	19.900	405	6.486	13.009
11	20.267	0	6.486	13.780
12	21.562	0	6.486	15.076
13	22.846	7.817	47,6	14.981
14	24.110	0	47,6	24.063
15	36.028	0	47,6	35.980

Fuente: Elaboración propia

## 18 Evaluación financiera

Para efectuar el análisis financiero de la materialización del proyecto es necesario recurrir a conceptos básicos de evaluación económica. Para el presente análisis se tomará en cuenta, como base de estudio, los siguientes conceptos económicos:

**TRMA:** Es necesario para el cálculo de indicadores de evaluación económica la Tasa de Retorno Mínima Aceptada. En este caso se definió ésta como un 13% anual, considerando la información que entrega MIDEPLAN para proyectos de esta naturaleza.

**VAN<sup>12</sup>:** Para evaluar la rentabilidad del proyecto con y sin el programa de financiamiento señalado en el capítulo anterior, se utilizará el Valor Actual Neto, el cual indicará si el proyecto es rentable sin dicho valor es superior a 0.

**TIR<sup>12</sup>:** Otra forma de evaluar la conveniencia del proyecto es usar la Tasa Interna de Retorno. Este valor debe ser mayor que la TRMA para el proyecto resulte conveniente.

**PRK<sup>12</sup>:** Para determinar en qué año se recuperará el capital invertido se utilizará el indicador denominado Periodo de Recuperación de Capital. Si este valor es menor a la vida útil del proyecto (15 años), éste será conveniente.

### 18.1 Rentabilidad del proyecto sin financiamiento

Primeramente se calculará el VAN del proyecto intrínseco, es decir, sin acudir a financiamiento. En base a la tabla 16.4, que muestra las fuentes y usos de fondos que tiene

---

<sup>12</sup> El cálculo de este indicador se realizó automáticamente utilizando el software Microsoft Excel, ingresando los datos correspondientes para ello.

el Proyecto, se calcula el flujo de caja, el cual se usará para obtener los indicadores de rentabilidad. Esto se muestra en la tabla 18.1.

**Tabla 18.1** – Cuadro de flujos de caja para el proyecto sin financiamiento

Año	Total Fuentes	Total Uso de Fondos	Saldo total
1	8.457	0	8.457
2	9.944	0	9.944
3	10.988	0	10.988
4	12.845	0	12.845
5	14.327	946	13.381
6	16.183	207	15.976
7	23.373	23.373	-7.509
8	17.224	8.654	8.570
9	18.582	0	18.582
10	19.900	405	19.495
11	20.267	0	20.267
12	21.562	207	21.355
13	22.846	2	22.844
14	24.110	23.373	737
15	53.046	0	53.046

Fuente: Elaboración propia



Para calcular el VAN del Proyecto sin financiamiento se utilizará la inversión inicial calculada anteriormente y cuyo valor es 63.106 UF. Por otro lado, para los flujos anuales para la vida útil del Proyecto se utilizará el saldo total anual de flujos de caja mostrados en la tabla anterior. Se utilizará una tasa de descuento (TRMA) de 13%.

**VAN = -(Inversión inicial)+(saldo total tabla 18.1)\*(valor presente dado un valor futuro)**

**VAN = 18.044,84 UF**

A través de este indicador, el proyecto intrínsecamente resulta rentable, ya que entrega un valor muy superior a cero.

Respecto al TIR del proyecto sin financiamiento, este da:

**TIR = 17,25 %**

El resultado del TIR es mayor en más de 4 puntos porcentuales lo que implica un buen retorno de la inversión.

Por último el PRK que representa la cantidad de años en que se recuperaría la inversión es de:

**PRK = 12 años**

Este indicador nos muestra que a final del duodécimo año la inversión se habrá recuperado.

Todos los indicadores muestran que el proyecto es rentable y que no está cercano a los puntos de quiebre, o sea, un TIR muy parecida al TRMA o un VAN muy cercano a cero.

## 18.2 Cálculo de la tasa de descuento con financiamiento

Como utilizar financiamiento implica que la empresa incurra en el riesgo de apalancamiento financiero (*leverage*), la TRMA no puede ser igual a la usada en el análisis del proyecto sin financiamiento. Por esto motivo basado en el Modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) de William Sharpe se calcula el TRMA para el proyecto financiado por deuda. El modelo se muestra a continuación:

$$K_e = R_f + \beta * (R_m - R_f)$$

Donde:

**$K_e$** : costo de capital

**$R_f$** : rendimiento de instrumentos financieros de rentabilidad fija

**$R_m$** : rendimiento del proyecto intrínseco

**$\beta$** : parámetro de riesgo

Si  $\beta$  es mayor que 1 implica que la empresa posee mayor riesgo que el mercado, si este parámetro tiene un valor igual a 1 significa que la organización posee un riesgo igual al del mercado, mientras que si  $\beta$  es menor que 1 la empresa tiene un riesgo menor que el mercado. Para el caso de la industria analizada y, al no existir ninguna de las empresas del rubro valorizando sus acciones en las bolsas de comercio nacionales, se estimó un  $\beta$  de alguna empresa del rubro (ambiental, tratamiento de RSU) que valore sus acciones en alguna bolsa de comercio española o mexicana. Fue por este motivo que se asumió un comportamiento para este proyecto igual a la empresa Dragados, la cual en España realiza servicios asociados al tratamiento de RSU. En un estudio de la Universidad de Zaragoza se calculó el  $\beta$  de esta empresa en función de los datos históricos de sus acciones en la Bolsa de Comercio de Madrid, el cual obtuvo un valor de 1,36 [UdeZaragoza04].

Respecto al componente  $R_f$  según el informe "Características del mercado bursátil en Chile" [BolsadeComercio03] alcanza una rentabilidad del 4 %. El  $R_m$  con el que trabaja el proyecto intrínseco es de 13 %.

Con dichos datos se calcula el costo de capital del dinero ( $K_e$ ) en el proyecto financiado, lo que se presenta a continuación:

$$K_e = 4\% + 1,36 * (13\% - 4\%) = 16,24\%$$

Como se puede calcular, el costo de capital equivale a un aumento de la tasa propuesta por Mideplan de un 24,92 % debido al requerimiento de financiamiento. Esto apoya la información dada por Ignacio Beláustegui, académico de la PUCV, el que sostuvo que "... el financiamiento de proyectos implica que la TRMA de ellos crezca entre un 20 a un 25 %, dependiendo del sector industrial"[Belaustegui03]. Por consiguiente, el TRMA

utilizado para analizar el proyecto con financiamiento será una tasa de descuento de 16,24 %.

### 18.3 Rentabilidad del proyecto con financiamiento

Para calcular el VAN se utilizará la inversión inicial calculada anteriormente para el proyecto con financiamiento ya que ésta cambia respecto al proyecto intrínseco debido a la utilización de *leasing* y financiamiento a través de deuda y cuyo valor es 22.679 UF. Por otro lado, para los flujos anuales de la vida útil del Proyecto se utilizarán los valores correspondientes a la columna denominada Saldo Total de la tabla 17.5.

De la misma manera como se calculó en Valor Actual Neto del proyecto sin financiamiento, se calcula dicho indicador para el proyecto financiado.

$$\text{VAN} = -(\text{Inversión inicial}) + (\text{saldo total tabla 18.2}) * (\text{valor presente dado un valor futuro})$$

$$\text{VAN} = \mathbf{9.536,44 \text{ UF}}$$

A través de este indicador, el Proyecto acudiendo a financiamiento resulta ser rentable, ya que entrega un valor superior a cero pero implica una disminución importante en el VAN respecto al proyecto intrínseco. Esto indica que al recurrir a financiamiento externo, todo el costo que ello involucra hace que el proyecto disminuya considerablemente su rentabilidad.

Utilizando los mismos valores de la tabla 17.5, se efectúa el cálculo de los indicadores TIR y PRK, cuyos resultados se presenta a continuación.

**TIR = 20,64 %**

**PRK = 12 años.**

Como se aprecia, la TIR es un valor superior a la TRMA, por lo tanto los retornos del Proyecto resultan atractivos. Esta tasa es mayor a la obtenida en el proyecto sin financiamiento debido a que el capital propio invertido es menor.

Por otro lado, el capital invertido, tomando en cuenta el programa de financiamiento, se recupera en su totalidad al cabo de los 12 años de operación de la planta. En otras palabras, con el tipo de financiamiento descrito, la vida útil del proyecto es suficiente para recuperar la inversión realizada.

Todos estos indicadores de rentabilidad demuestran la factibilidad del proyecto pero, a la vez, demuestran que el VAN disminuye a casi la mitad del valor del obtenido en el proyecto intrínseco, lo que significa que no genera tantas utilidades como llevar a cabo el proyecto sin financiamiento.

## **19 Análisis de sensibilidad**

Para poder apreciar correctamente la factibilidad de un proyecto es necesario analizar su comportamiento al incluir cambios en algunos parámetros importantes, de modo de saber cómo se comportará si no se cumplen las estimaciones o supuestos en los cuales se basa. Por tal motivo en este capítulo se realizan 3 análisis de sensibilidad donde se alteran los valores de tres parámetros importantes, dejando completamente intactos los demás.

### **19.1 Parámetros para sensibilizar**

El primer parámetro que se usará es el relacionado a la venta de materia orgánica recuperada en la planta. Esto porque junto al vertedero de Lajarilla, antiguo lugar de disposición final de los RSU de Viña del Mar, se encuentra la planta de compostaje de la empresa CAM y dicha empresa está analizando la factibilidad de trasladarla al relleno sanitario de El Molle ya que debe cerrar la que tiene en los terrenos de Lajarilla como medida de clausura de dicha disposición final. Si la empresa encuentra poco atractivo operar su planta de compostaje en el relleno mencionado no existirá ninguna planta de compostaje en la zona que se interese en los residuos orgánicos recuperados en la planta, ya que la más cercana quedará en la localidad de San Pedro, cercana a Quillota, la cual está a una distancia de la planta que hace poco tentativo el traslado de los residuos recuperados. Por todo lo mencionado puede ocurrir que en un futuro cercano no existan plantas de compostaje en la zona por lo que la planta de transferencia tendría que desistir de recuperar dicho material y, por consiguiente, gastar más dinero en la disposición final de los desechos y recibir menos ingresos por la venta de material recuperado. Si bien la eliminación de recuperación de materia orgánica haría cambiar el proceso productivo de la Línea de Separación (menor número de segregadores, etc.), para este análisis se tomará en cuenta sólo la disminución de ingresos por venta de materiales recuperados y el aumento del gasto

por toneladas de disposición final. Es decir, el primer análisis de sensibilidad es para comprender cómo afectaría a la estación de transferencia la eliminación completa de recuperación de residuos orgánicos.

El segundo parámetro a analizar es el porcentaje de financiamiento a través de deuda con la institución bancaria. Esto debido a que aunque definimos un programa de financiamiento, por disponibilidad del banco el monto prestado puede no ser el requerido por el programa definido o también puede ocurrir que una mayor inversión de capitales propios hagan más rentable al proyecto. Este análisis se refiere sólo al préstamo requerido y no al *leasing*, además de mantener las tasas de interés que se señalaron con anterioridad, es decir, una tasa de interés para el préstamo requerido de 1,0 % mensual y para el *leasing* de un 1,5 % mensual, lo que se traduce en 12,68 % anual y 19,56 % anual respectivamente.

El tercer parámetro a estudiar será más bien un análisis del precio de quiebre de la tonelada de desperdicios ingresado a la estación de transferencia. El precio calculado para cobrarle a la municipalidad es de \$ 7.000 por tonelada ingresada, pero al tener el proyecto que postular a una licitación es probable que este precio deba negociarse por lo que conviene saber hasta qué nivel el proyecto es rentable.

### **19.1.1 Eliminación recuperación materia orgánica**

Si bien este análisis de sensibilidad hace cambiar todas las tablas analizadas en los capítulos anteriores, sólo se mostrarán las importantes. En las tablas 19.1 y 19.2 se presentan los valores de ingresos y gastos en disposición final respectivamente, comparando los estimados en el Proyecto con los de este análisis de sensibilidad.

**Tabla 19.1** - Ingresos estimados

<b>Año</b>	<b>Ingreso total (UF)</b>	<b>Ingreso total sensibilizado (UF)</b>
2004	67.650	<b>66.162</b>
2005	70.255	<b>68.767</b>
2006	72.222	<b>70.734</b>
2007	75.269	<b>73.781</b>
2008	77.766	<b>76.278</b>
2009	81.549	<b>80.061</b>
2010	81.981	<b>80.493</b>
2011	84.512	<b>83.024</b>
2012	87.056	<b>85.568</b>
2013	89.525	<b>88.037</b>
2014	92.001	<b>90.513</b>
2015	94.480	<b>92.992</b>
2016	96.965	<b>95.477</b>
2017	99.447	<b>97.959</b>
2018	101.984	<b>100.496</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19.2** - Gastos por disposición final

<b>Año</b>	<b>Gasto [UF/año]</b>	<b>Gasto sensibilizado [UF/año]</b>
------------	-----------------------	-------------------------------------

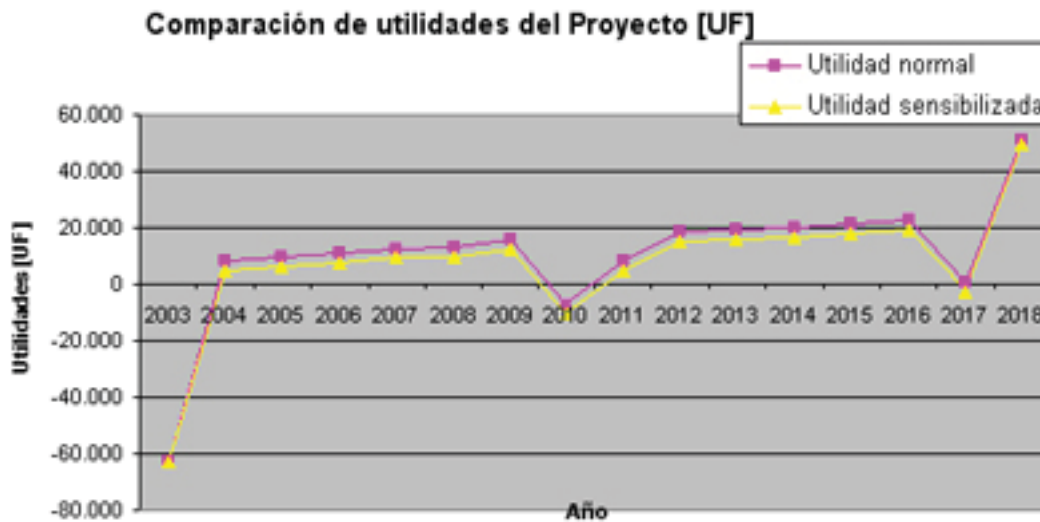


2004	35.140,83	<b>36.892,97</b>
2005	35.919,14	<b>37.671,28</b>
2006	36.596,45	<b>38.348,59</b>
2007	37.370,57	<b>39.122,71</b>
2008	38.051,47	<b>39.803,61</b>
2009	38.843,00	<b>40.595,14</b>
2010	39.623,28	<b>41.375,42</b>
2011	40.477,15	<b>42.229,29</b>
2012	41.344,62	<b>43.096,76</b>
2013	42.187,41	<b>43.939,55</b>
2014	43.047,93	<b>44.800,07</b>
2015	43.926,16	<b>45.678,30</b>
2016	44.824,06	<b>46.576,20</b>
2017	45.741,55	<b>47.493,69</b>
2018	46.731,73	<b>48.483,87</b>

Fuente: Elaboración propia

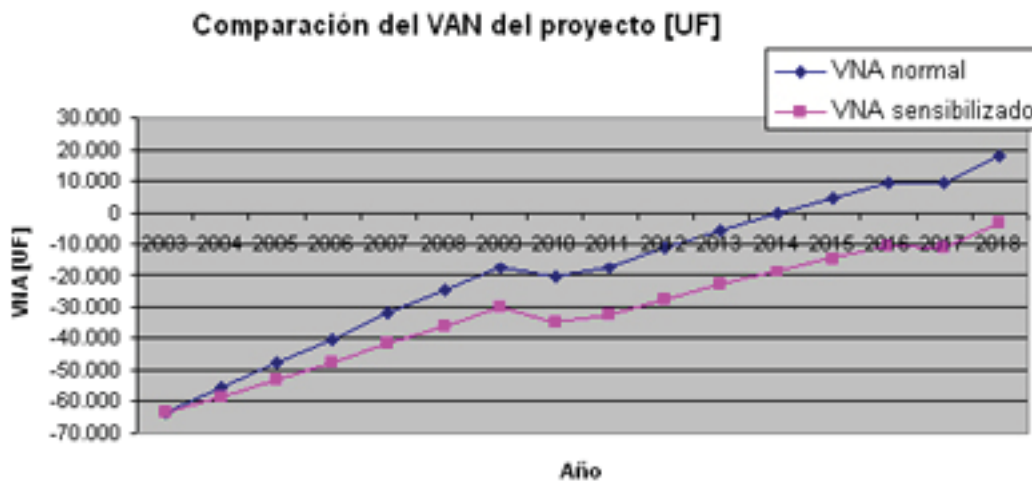
La figura 19.1 muestra la comparación de utilidades que se obtienen al contrastar el escenario inicial de venta de materia orgánica y el propuesto en el presente análisis de sensibilidad.

Figura 19.1 - Gráfico de comparación de utilidades para el análisis de sensibilidad de venta de materia orgánica



De la misma forma, el siguiente gráfico (figura 19.2) contrasta el Valor Actual Neto de los dos escenarios mencionados.

Figura 19.2 - Comparación de VAN para el análisis de sensibilidad de venta de materia orgánica



Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, si no se recupera material orgánico en la planta de transferencia ocurre que los ingresos disminuyen considerablemente e inversamente los costos aumentan. Esto provoca que a lo largo de la vida útil del Proyecto, con una TRMA de 13 %, no se logre recuperar el capital invertido y el valor presente sea negativo, específicamente -2.894,73 [UF]. La TIR que se obtendría sería del orden de un 12,32 %, inferior a la TRMA asociada al proyecto intrínseco. Esto quiere decir que para que la estación de transferencia propuesta sea económicamente factible, necesariamente debe recuperar tanto material orgánico como inorgánico.

### 19.1.2 Porcentaje de financiamiento

Esta sensibilización afecta directamente al préstamo bancario y no a los *leasings* necesarios durante la vida útil del Proyecto. Es por esto que se mostrará cómo cambia el panorama del proyecto financiado con niveles de un 50%, 25 % y un 10 % de financiamiento. Para ello se presentan gráficos relacionados al contraste de utilidades (figura 19.3) y Valor Actual Neto (figura 19.4) entre el escenario inicial y los sensibilizados, además de una tabla con los flujos de caja finales de cada una de las alternativas (tabla 19.3).

**Tabla 19.3** - Flujos de cajas finales de todas las alternativas

Año	Utilidades para 50 % de financiamiento [UF]	Utilidades para 35 % de financiamiento [UF]	Utilidades para 25 % de financiamiento [UF]	Utilidades para 10 % de financiamiento [UF]
1	-2.046	-841	-37	1.168
2	-559	646	1.449	2.654

3	715	1.851	2.608	3.744
4	2.801	3.868	4.580	5.647
5	3.566	4.564	5.230	6.228
6	6.597	7.527	8.147	9.076
7	6.508	7.369	7.943	8.804
8	4.079	4.871	5.399	6.191
9	12.096	12.096	12.096	12.096
10	13.009	13.009	13.009	13.009
11	13.780	13.780	13.780	13.780
12	15.076	15.076	15.076	15.076
13	14.981	14.981	14.981	14.981
14	24.063	24.063	24.063	24.063
15	38.026	36.821	36.017	35.980

Fuente: Elaboración propia

Figura 19.3 - Comparación de utilidades de análisis de sensibilidad para diferentes niveles de financiamiento

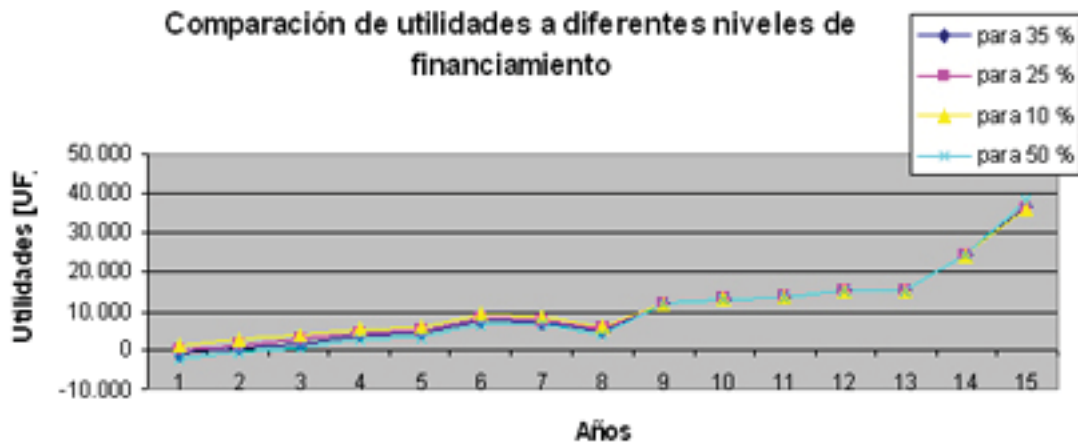
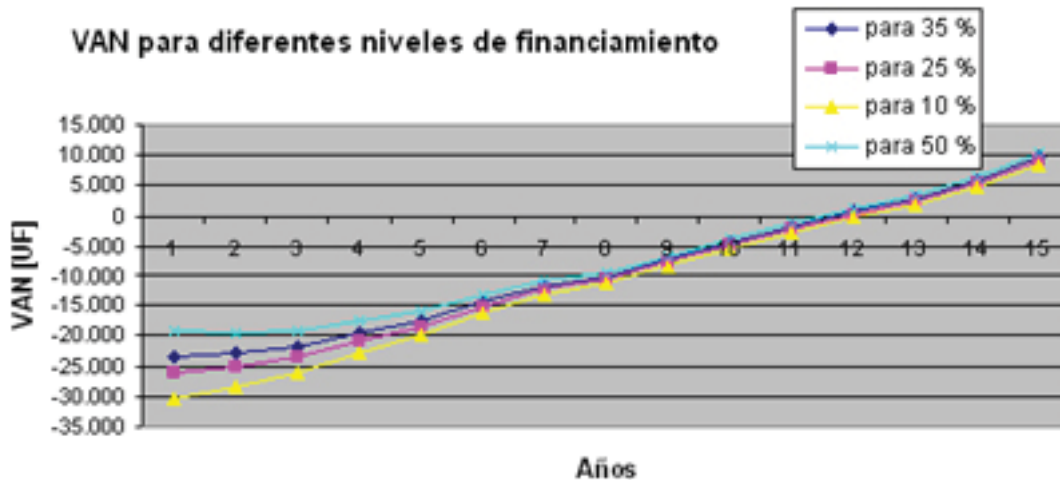


Figura 19.4 - Comparación de VAN para el análisis de sensibilidad para distintos niveles de financiamiento



Al sensibilizar los niveles de financiamiento usando tres escenarios en los cuales se aumenta al 50% de financiamiento en el primero y se disminuye el préstamo requerido al 25 % en el segundo y 10% en el tercer escenario con respecto al programa definido en este estudio (35%), se aprecia que el VAN final del proyecto es mayor a mayor porcentaje de financiamiento. Como se puede analizar, el VAN de los proyectos a distintos niveles de financiamiento es muy similar por lo que para elegir el nivel de financiamiento se debe

realizar un análisis de costo - beneficio del porcentaje de la inversión que se financiará a través de deuda.

### 19.1.3 Análisis de precio de quiebre

Una disminución en la tarifa estimada a cobrarle a la municipalidad implica que los ingresos de la planta bajen lo que modifica completamente la rentabilidad del proyecto. Pero como este tipo de servicio se adjudica a través de licitaciones, es muy posible que se deba negociar el precio que la municipalidad le pagará a la estación de transferencia como concepto de "tratamiento de la tonelada de RSU extraídos de la ciudad de Viña del Mar". Es por esto que es bueno realizar un análisis del nivel más bajo de éste que permita hacer al proyecto económicamente factible. Para ello se muestran la tabla 19.4 y la figura 19.5 la cual es un gráfico que contrasta distintos niveles de precio con la rentabilidad del proyecto, usando para esto último, el indicador VAN.

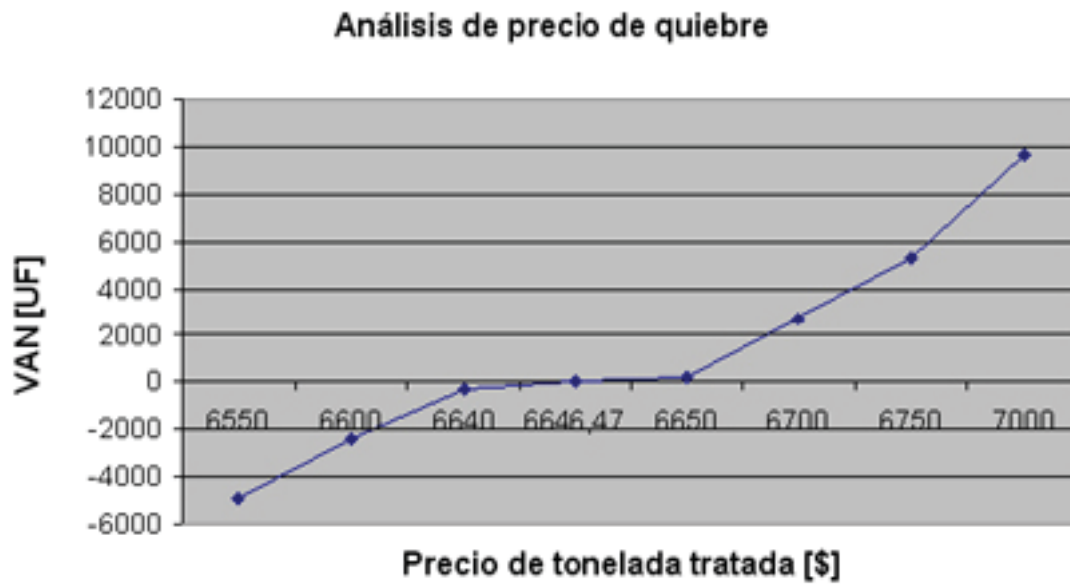
**Tabla 19.4** - Ingresos sensibilizados por la tarifa de tratamiento

Precio [\$]	VAN del proyecto [UF]
6550	-4923
6600	-2371
6640	-330
6646,47	0,16
6650	180
6700	2732

6750	5284
7000	9624

Fuente: Elaboración propia

Figura 19.5 - Gráfico precio de tratamiento de tonelada de RSU v/s rentabilidad (VAN)



El precio estimado para cobrarle a la municipalidad por cada tonelada que ingrese a la planta (\$ 7.000) se encuentra más de \$ 300 sobre el nivel de quiebre, es decir, nivel de precio en el cual el VAN del proyecto es \$ 0. Con este análisis queda claro que un nivel de precio menor a \$ 6.646,47 significaría que el proyecto sea infactible económicamente.

## **Parte 4 Evaluación Ambiental**



## 20 Consideraciones ambientales

Todo proyecto e industria nueva tiene consecuencias tanto positivas como negativas respecto al ambiente y que se deben estudiar, sobre todo si el proyecto debe entrar al SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental). Por tal motivo se hará una primera aproximación a los efectos que tendrá la instalación y funcionamiento de la estación de transferencia respecto al medio ambiente de la ciudad de Viña del Mar y de nuestro país. El capítulo se dividirá de la siguiente forma:

**I. Efectos positivos:** se analizarán los efectos positivos de la instalación y funcionamiento de la planta tanto para el ambiente de la ciudad como del país.

**II. Efectos negativos:** se describirán los factores negativos de la planta y las medidas necesarias para evitar una contaminación del ambiente.

### 20.1 Efectos positivos

El funcionamiento de la estación de transferencia con recuperación de materiales trae beneficios tanto para la comunidad como para el ambiente, estos se detallan a continuación:

#### 20.1.1 Disminución de toneladas a disposición final

La planta de transferencia tendrá una Línea de Separación de materiales que permitirá reciclar parte de la basura generada en Viña del Mar. Los beneficios de esto se expresan a continuación:

**Aumento de vida útil de vertederos y rellenos:** la disposición final de RSU (vertederos y rellenos sanitarios) tiene capacidades de acumulación de basura las cuales se optimizan aumentando la compresión de los residuos mediante maquinaria pesada. Al disminuir la cantidad de residuos que llegan diariamente al relleno sanitario, éste copará su capacidad más lentamente, lo que implica un aumento en su vida útil, ayudando de esta forma a dilatar el tiempo entre construcciones de vertederos y, por consiguiente, a desperdiciar menos suelo en actividades contaminantes como la creación de un relleno sanitario. Si analizamos la tabla A10.2 del anexo 10 podemos ver la cantidad total de material separado (de los dos grupos) y, si lo comparamos con la generación total de residuos se puede calcular que se estaría desviando aproximadamente el 7 % de las toneladas de desperdicios que habitualmente se van a depositar en los rellenos sanitarios en un inicio. Esta cantidad es un claro indicador del beneficio del funcionamiento de la planta respecto al uso del suelo. Además esta cantidad puede aumentar si se desarrolla positivamente el mercado de reciclaje en el país, dadas las condiciones de recuperación que pueden obtenerse de la planta. La estimación de desviación de toneladas de basura se muestra en la tabla 20.1.

**Tabla 20.1** - Estimación de desviación de toneladas de basura

Año	Total separado inorgánico [ton/año]	Total separado orgánico [ton/año]	Total separado [ton/año]	% total material separado
2004	3.011,79	5.600	8.611,79	7,12

2005	3.179,25	5.600	8.779,25	7,10
2006	3.344,52	5.600	8.944,52	7,10
2007	3.604,34	5.600	9.204,34	7,15
2008	3.831,14	5.600	9.431,14	7,20
2009	4.116,33	5.600	9.716,33	7,26
2010	4.100,50	5.600	9.700,50	7,11
2011	4.268,45	5.600	9.868,45	7,09
2012	4.437,94	5.600	10.037,94	7,06
2013	4.602,29	5.600	10.202,29	7,03
2014	4.768,01	5.600	10.368,01	7,01
2015	4.934,10	5.600	10.534,10	6,98
2016	5.098,35	5.600	10.698,35	6,95
2017	5.260,96	5.600	10.860,96	6,92
2018	5.426,25	5.600	11.026,25	6,87

Fuente: Elaboración propia

**Disminución de gas metano producido en disposición final:** la descomposición anaerobia de los compuestos orgánicos tiene como resultado la generación de gas metano, el cual es combustible, contaminante y productor del denominado “Efecto Invernadero”. Por esta razón, al reciclar parte de los compuestos orgánicos presentes en la basura de la ciudad de Viña del Mar, llegará a disposición final menor cantidad de este material. Si se analizan las tablas 5.13 y 19.1 se puede cuantificar dicha

disminución, lo que se muestra en la tabla 20.2 de la página siguiente. La cantidad de gas metano generado al año, por consiguiente, disminuirá.

**Tabla 20.2** - Porcentaje de disminución de residuos orgánicos en disposición final

<b>Año</b>	<b>Total M.O. [ton/año]</b>	<b>Total separado orgánico [ton/año]</b>	<b>% M.O. separada</b>
2004	78.233	5.600	7,16
2005	79.951	5.600	7,00
2006	81.458	5.600	6,87
2007	83.227	5.600	6,73
2008	84.782	5.600	6,61
2009	86.603	5.600	6,47
2010	88.206	5.600	6,35
2011	90.080	5.600	6,22
2012	91.984	5.600	6,09
2013	93.833	5.600	5,97
2014	95.719	5.600	5,85
2015	97.642	5.600	5,74
2016	99.605	5.600	5,62
2017	101.608	5.600	5,51
2018	103.725	5.600	5,40

Fuente: Elaboración propia

**Disminución de líquidos lixiviados:** al igual que en el caso anterior, los líquidos lixiviados son uno de los productos de la descomposición del material orgánico y son altamente contaminantes de las napas subterráneas de agua, llegando a necesidades de DBO de rangos de 30.000 a 45.000 mg/lit. Al disminuir la cantidad de materia orgánica presente en los vertederos, disminuye la generación de este tipo de líquido.

**Menor alteración del paisaje:** al aumentar la vida útil de los vertederos por la menor cantidad de basura que reciben al año, el paisaje global de la comuna se verá menos alterado ya que se alargarán los períodos entre la construcción de nuevos vertederos, dañando el paisaje en menor cantidad.

**Utilización del volumen del vertedero:** los materiales presentes en los RSU son muy heterogéneos entre ellos y todos se comportan de diferente forma. Esto se refleja claramente en los años necesarios para degradarse. Según un estudio de la CONAMA, realizado por Gonzalo Velásquez, los materiales que tienen requerimientos de años bajos para degradarse son sólo tres del total de tipos de materiales presentes en los RSU, lo que implica que el resto de los elementos tienen una necesidad muy grande o simplemente no se degradan. Estos materiales son los restos de comida, los residuos de jardín y el grupo papel/cartón, lo que implica que después de un tiempo, el volumen que ocupaban dentro del vertedero inicialmente disminuirá, siendo más "barato" de almacenar dentro de éste. Esto no ocurre con los demás materiales ya que pasarán años y años y seguirán utilizando el mismo volumen de vertedero, es decir, a través de los años no disminuirá su volumen, siendo para el vertedero más "costoso" almacenarlos. Además muchos materiales tienen usos alternativos por lo que el estudio que se menciona se enfocó hacia la comparación entre el uso alternativo del material (reciclaje) respecto al gasto que causa su disposición y la utilización de volumen de éste en el vertedero por lo que los valores que salen negativos son simplemente porque el uso alternativo del elemento (reciclaje) genera ganancias. El resultado de este estudio se presenta en la tabla 20.3.

**Tabla 20.3** - Costos de disposición en relleno sanitario v/s gestión alternativa

<b>Componente</b>	<b>Costo Relleno Sanitario (\$/ton)</b>	<b>Costo Neto Tratamiento o Reciclaje (\$/ton)</b>	<b>Decisión</b>
Restos de Comida	9.665,20	No posible	Relleno Sanitario
Restos de Jardín	11.657,60	19.939	Relleno Sanitario
Papel y Cartón	19.661,70	5.439	Reciclaje
Plásticos	23.698,40	5.439	Reciclaje
Textiles y Cuero	17.483,60	No posible	Relleno Sanitario
Vidrio	13.881,10	-10.561	Reciclaje
Latas de Hojalata	19.752	-84.561	Reciclaje
Latas de Aluminio	15.484	-484.561	Reciclaje
Cenizas, Escorias y Lozas	10.362,40	No posible	Relleno Sanitario
Residuos Especiales	No posible	173.398	Tratamiento
Otros	13.946,70	No posible	Relleno Sanitario

Fuente:[Velásquez03]

De esto se puede analizar que, por la utilización permanente de volumen de vertedero de algunos materiales como el vidrio o el plástico, es mejor reciclar que llevar a disposición final. Si bien gran parte de lo que se reciclará es materia orgánica y papel/cartón, se tendrá también un nivel de recuperación de materiales que no se degradan,

lo que ayuda a mejorar la utilización de los vertederos y rellenos existentes. Si cuantificamos esta situación en base a la tabla 20.3 y a los niveles de recuperación anuales presentados en la tabla A10.2 del anexo 10, los resultados del ahorro por un año de funcionamiento (año 2004) serán importantes, lo que se presenta en la tabla 20.4.

**Tabla 20.4** - Ahorro por funcionamiento de la planta

Material	Cantidad recuperada [ton/año]	Costo Disposición final [\$/ton]	Costo alternativo [\$/ton]	Ahorro [\$/ton]	Ahorro anual [\$/año]
Papel/cartón	1.058	19.662	5.439	14.223	15.047.934
Plástico	59	23.698	5.439	18.259	1.077.281
Latas de aluminio	328	15.484	-484.561	500.045	164.014.760
Vidrio	1.567	13.881	-10.561	24.442	38.300.614
<b>Total</b>	3.012				218.440.589

Fuente: Elaboración propia

Si extrapolamos esto a la vida útil del Proyecto, los ahorros generados para la sociedad serán los presentados en la tabla 20.5.

**Tabla 20.5** - Ahorro por utilización de volumen en vertedero

Año	Papel [UF/año]	Plástico [UF/año]	Aluminio [UF/año]	Vidrio [UF/año]	Total [UF/año]
2004	888	64	9.688	2.260	12.900

2005	907	176	9.902	2.310	13.295
2006	998	198	10.087	2.353	13.636
2007	1.097	305	10.307	2.404	14.112
2008	1.207	368	10.501	2.449	14.525
2009	1.254	566	10.725	2.502	15.048
2010	1.305	442	10.925	2.549	15.221
2011	1.357	508	11.154	2.602	15.621
2012	1.411	570	11.393	2.658	16.032
2013	1.468	627	11.622	2.711	16.427
2014	1.526	681	11.855	2.765	16.828
2015	1.588	731	12.094	2.821	17.234
2016	1.652	775	12.338	2.878	17.642
2017	1.717	814	12.586	2.936	18.053
2018	1.786	848	12.843	2.997	18.474

Fuente: Elaboración propia

### 20.1.2 Disminución de viajes de camiones

El principio básico de una planta de transferencia es disminuir la cantidad de viajes necesarios de camiones que llevan RSU hacia los vertederos y rellenos sanitarios. Esto no sólo trae un ahorro en los costos del manejo de este material sino además diferentes beneficios ambientales, los que se presentan a continuación:



**Disminución de tráfico:** al operar la planta de transferencia con camiones de mayor capacidad se evita que los camiones recolectores, que tienen dimensiones pequeñas, realicen grandes viajes hacia los rellenos sanitarios. Esto implica que las carreteras y caminos verán disminuido la cantidad de vehículos que las transitan, mejorando la capacidad de transporte que tienen gracias al descenso en el tráfico. Además como se ha mencionado, la estación desviarán hacia reciclaje entre 8.500 a 9.500 ton/año en el primer período de operación. Si usamos para cuantificar el número estimado de camiones recolectores que llegan a vertedero en un año utilizando la tabla 11.3 y lo comparamos con la necesidad de viajes que tendrá la planta de transferencia, estimada a través de las tablas 11.23 y 11.30, se logra calcular el ahorro estimado en viajes de camiones a disposición final por año. Esto se muestra en la tabla 20.6.

**Tabla 20.6** - Disminución de viajes de camiones a disposición final

Año	Nº viajes recolectores necesarios [viajes/día]	Nº viajes c. transporte necesarios [viajes/día]	Nº viajes recolectores necesarios [viajes/año]	Nº viajes c. transporte necesarios [viajes/año]	Ahorro viajes camiones [viajes/año]
2004	51	14	15.912	4.368	11.544
2005	52	14	16.224	4.368	11.856
2006	54	14	16.848	4.368	12.480
2007	55	14	17.160	4.368	12.792
2008	56	14	17.472	4.368	13.104
2009	57	15	17.784	4.680	13.104
2010	58	16	18.096	4.992	13.104
2011	59	16	18.408	4.992	13.416

2012	60	16	18.720	4.992	13.728
2013	62	16	19.344	4.992	14.352
2014	63	16	19.656	4.992	14.664
2015	64	16	19.968	4.992	14.976
2016	65	17	20.280	5.304	14.976
2017	67	17	20.904	5.304	15.600
2018	68	18	21.216	5.616	15.600

Fuente: Elaboración propia

**Contaminación acústica:** el funcionamiento del motor de un camión genera ruidos molestos para la comunidad por lo que una disminución de los viajes de camiones hacia la disposición final de los RSU disminuye la generación de ruidos molestos. Aunque el camino desde la planta de transferencia hacia el relleno sanitario de “El Molle” es en su mayoría carretera, si no existiera la estación de transferencia mucho de los camiones recolectores que trabajan en Viña del Mar viajarían hacia el relleno indicado por las calles del plan de Valparaíso donde el ruido de los camiones si afectaría a la vida cotidiana de los habitantes de dicha ciudad.

**Contaminación por gas de combustión:** la reacción química que se genera en los motores de combustión interna de los camiones es incompleta y genera monóxido de carbono, gas contaminante. El rendimiento de los camiones recolectores es muy parecido al de los camiones de transporte por lo que los niveles de generación de dicho gas son muy similares por lo que una disminución de los viajes de camiones al relleno sanitario implica una disminución en la generación de este gas contaminante.

Por cuanto a los camiones que retiran los residuos recuperados desde los RSU en las instalaciones de la planta, estos también disminuirán sus viajes puesto que es más fácil aprovechar los espacios de los camiones si se trata de un producto físicamente uniforme; los camiones de traslado de los materiales separados también son de mayor tonelaje; y, para el caso de los papeles, cartones y latas de aluminio, las empresas recicladoras retiran desde la planta las toneladas recuperadas si se trata de grandes cantidades.

### 20.1.3 Mejor utilización de recursos naturales

Estimular el reciclaje sirve no sólo para disminuir la cantidad de basura que llega a vertederos y rellenos sanitarios sino que también para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables. Por esto el funcionamiento de la estación tendrá los siguientes beneficios en este sentido:

**Menor gasto en recursos no renovables:** muchos materiales recuperados tienen un mejor rendimiento que la materia prima virgen, lo que implica que usarlos significa un ahorro de materia prima virgen y, por consiguiente, de recursos naturales. Si analizamos la tabla 6.6 vemos una comparación entre el gasto energético y de materia prima para el papel, vidrio y aluminio. Con esta información y la presentada en la tabla A10.2 del anexo 10 podemos cuantificar el ahorro de recursos no renovables, lo que se muestra en la tabla 20.7.

**Tabla 20.7** - Ahorro en recursos no renovables

Año	Ahorro materia prima de vidrio [ton/año]	Ahorro materia prima de Papel [ton/año]	Ahorro materia prima aluminio [ton/año]	Ahorro energía vidrio [Kw/año]	Ahorro energía papel [Kw/año]	Ahorro energía aluminio [Kw/año]

2004	98,97	952,00	1.312,74	2.198.558,6	9.044.000,0	27.649.586,3
2005	101,14	971,80	1.341,78	2.246.554,8	9.232.060,5	28.261.241,3
2006	103,03	1.068,98	1.366,86	2.288.656,6	10.155.266,5	28.789.488,8
2007	105,27	1.175,15	1.396,56	2.338.336,8	11.163.954,6	29.415.045,0
2008	107,24	1.293,03	1.422,96	2.382.122,7	12.283.769,4	29.971.095,0
2009	109,55	1.344,32	1.453,32	2.433.487,0	12.771.017,0	30.610.552,5
2010	111,60	1.398,31	1.480,38	2.478.957,0	13.283.909,3	31.180.503,8
2011	113,95	1.454,09	1.511,40	2.531.163,3	13.813.897,9	31.833.862,5
2012	116,37	1.512,58	1.543,74	2.585.053,6	14.369.531,2	32.515.023,8
2013	118,69	1.572,87	1.574,76	2.636.417,9	14.942.260,9	33.168.382,5
2014	121,07	1.635,86	1.606,44	2.689.466,2	15.540.635,2	33.835.642,5
2015	123,54	1.701,54	1.638,78	2.744.198,6	16.164.654,1	34.516.803,8
2016	126,00	1.769,93	1.671,78	2.798.931,0	16.814.317,6	35.211.866,3
2017	128,54	1.840,11	1.705,44	2.855.347,5	17.481.077,5	35.920.830,0
2018	131,23	1.913,90	1.740,20	2.915.132,1	18.182.030,2	36.652.962,5

Fuente: Elaboración propia

**Menor erosión de suelos:** al utilizar materia prima virgen, ésta es obtenida principalmente de recursos naturales no renovables lo que provoca erosión del suelo. Una tala indiscriminada de árboles puede acabar no sólo con la vida vegetal sino desequilibrar el ecosistema y afectar también a la fauna. Es por esto que se debe evitar la erosión de los suelos de nuestro país y usar razonablemente sus recursos. Los minerales necesarios para crear vidrio y aluminio son extraídos de la tierra en minas,

lo que produce una gran erosión además de la contaminación provocada por los relaves que se crean en las faenas mineras. En el caso del papel que se produce de la celulosa de los árboles, para obtenerlo se deben talar hectáreas y hectáreas de bosques que si no son reforestados adecuadamente pueden causar un daño ecológico de proporciones. En la tabla 6.6 se muestra que para realizar una tonelada de papel desde materia prima virgen se requiere de 17 árboles en promedio, por lo que si extrapolamos dicha situación con la información de la cantidad total de papel/cartón recuperada al año, lo que se muestra en la tabla A10.2 del anexo 10, podemos estimar la cantidad de árboles que se dejarán de talar a lo largo de la vida útil del Proyecto, lo que se presenta en la tabla 20.8.

**Tabla 20.8 – Disminución de tala de árboles**

<b>Año</b>	<b>Papel producido desde reciclado [ton/año]</b>	<b>Árboles sin talar gracias a reciclado [árboles/año]</b>
2004	952,0	16.184,0
2005	971,8	16.520,5
2006	1.069,0	18.172,6
2007	1.175,2	19.977,6
2008	1.293,0	21.981,5
2009	1.344,3	22.853,4
2010	1.398,3	23.771,2
2011	1.454,1	24.719,6
2012	1.512,6	25.713,9
2013	1.572,9	26.738,8

2014	1.635,9	27.809,6
2015	1.701,5	28.926,2
2016	1.769,9	30.088,8
2017	1.840,1	31.281,9
2018	1.913,9	32.536,3

Fuente: Elaboración propia

## 20.2 Efectos negativos

La planta de transferencia también provocará contaminación debido a su funcionamiento. Esta polución debe ser tratada para no afectar al medio ambiente que la rodea. Para ello existen medidas las que se clasifican en: eliminación, mitigación y compensación.

**Medidas de eliminación:** se refieren a medidas que se toman para eliminar completamente el foco o factor contaminante.

**Medidas de mitigación:** son medidas de control que disminuyen el efecto dañino de un factor o foco contaminante, esto debido a que no se puede eliminar completamente la polución provocada.

**Medidas de compensación:** son medidas que compensan el daño provocado por un factor o foco contaminante debido a que éste no se puede mitigar ni menos eliminar.

Por lo explicado se expresarán los efectos negativos que provocará el funcionamiento de la planta y las medidas que se deben tomar para controlarlos.

### **20.2.1 Material particulado**

Al usarse descarga desde altura de los contenidos de un camión recolector a una tolva o a un semiremolque de transporte se produce una contaminación por material particulado, en especial polvo, que se levanta al chocar los RSU con el suelo de la tolva o del semiremolque. Este material debe ser tratado ya que afecta directamente la salud de los trabajadores que laboran en las zonas de descarga y sus alrededores.

Las medidas de mitigación de este factor son el decantamiento de estas partículas en suspensión a través de filtros de mangas, los cuales con campanas sobre las áreas de descarga directa atrapan el aire contaminado y disminuyen la cantidad de partículas en suspensión hasta las cantidades permitidas por ley.

### **20.2.2 Gases de combustión**

Las zonas de descarga son galpones cerrados para evitar que el viento levante materiales contaminantes y olores pertenecientes a los RSU que se manejan en la estación. Es por esto que los gases de combustión de los camiones recolectores quedan atrapados dentro de las paredes de las zonas de descarga, contaminando el aire con monóxido de carbono, afectando a la salud de los trabajadores.

Las medidas de mitigación de este foco contaminante son la ventilación del lugar por medios naturales (ventanas corredizas y puertas) y lavadores de gases, los cuales conectan una manguera flexible en el tubo de escape de los camiones recolectores y conducen el gas contaminante hasta los equipos lavadores que, humedeciéndolo, lo limpian

permitiendo la salida de gas limpio hacia la atmósfera y el contaminante junto al líquido utilizado, el cual será tratado como Ril (residuo industrial líquido).

### **20.2.3 Riles**

Para mantener un ambiente saludable para trabajar se debe limpiar la estación de transferencia a diario lo que provoca Riles debido al tránsito de un gran número de camiones diario y el manejo de basura que genera suciedad y líquidos lixiviados. Además se genera líquido contaminado proveniente de los lavadores de gases los cuales también son Riles. Estos líquidos no pueden ser eliminados a través del alcantarillado público ya que son altamente contaminantes por lo que afectarían a las zonas de descarga del alcantarillado y al funcionamiento de las plantas de tratamientos de aguas servidas.

Las medidas de mitigación de este factor contaminante es un sistema de canalización de estos líquidos en todas las zonas de producción de él que transporta a estos Riles hacia un estanque acumulador. Cuando éste llega a un nivel específico, un camión aljibe (subcontratado como parte del servicio de limpieza) recibe su contenido y lo transporta a una planta de tratamiento de líquidos existente en la zona para que sea tratado y devuelto al medio ambiente con niveles de contaminación inofensivos para la naturaleza.

### **20.2.4 Olores**

La degradación de los compuestos orgánicos provoca malos olores que, con la acción del viento, contaminan los lugares aledaños a la planta. Además estos malos olores se asocian a otros elementos de los RSU (excrementos de animales, pegamentos, etc.) y



como existen personas que deberán trabajar directamente con los residuos sólidos es necesario proporcionar las mejores condiciones para que ellos puedan realizar su trabajo. Además existe una población mínima aledaña a la planta que, aunque sea menor, debe tomarse en cuenta.

Las medidas de mitigación necesarias para controlar este factor contaminante es un sistema de manejo de olores basado en aceites esenciales que se mezclan con los compuestos químicos que provocan el mal olor, reaccionan con ellos y los neutralizan, eliminando de esta forma el mal olor. Este sistema no sólo deberá estar dentro de las zonas de descarga y separación sino que también en puertas y ventanas de los galpones que encierran a las dos líneas productivas, como una cortina de aire, para así evitar la propagación de olores molestos hacia los lugares cercanos a la planta de transferencia.

## 21 Conclusiones Generales

Dentro de los aspectos estudiados a través de la realización del estudio del Proyecto, denominado “Estudio Técnico Económico y Ambiental para una Planta de Recuperación de Residuos Sólidos Urbanos”, podemos decir que si bien esta planta de transferencia y recuperación generaría ganancias, su diseño como el resultado de su operación va ligado a dos factores externos a ella y que, si llegan a cambiar, las condiciones de operación como el resultado de ella harían cambiar la rentabilidad del Proyecto. Esto implica que este estudio es sólo válido para las condiciones externas expuestas, las cuales son:

Realización de una recolección de basura domiciliaria separada en dos grupos (orgánico e inorgánico)

Disposición final con un valor de \$ 5.300 por tonelada de basura en el relleno sanitario El Molle.

En ambos aspectos este estudio no pretende demostrar la forma o modos de hacer cumplir dichas condiciones sino que se analizaron para ver qué situación tenía la probabilidad más alta de ocurrir de modo de poder diseñar una planta acorde a ellos. Es decir, por un lado, de los escenarios posibles de recolección de RSU en la comuna (separación *in situ*, separación en grupos o separación *ex situ*), se estudió cuál de ellos es el más probable de que opere de acuerdo a la realidad de la comuna y la idiosincrasia de la población, resultando la separación en dos grupos de desechos la más viable considerando una tendencia al reciclaje. Por otro lado, se tomó como supuesto que el valor de disposición final en el relleno sanitario de “El Molle” se debe mantener constante durante la vida útil estimada para evaluar la planta. Por tanto, todo el análisis presentado en este estudio radicó sobre estos dos supuestos fundamentales, por lo que la variación de ellos significaría actualizar este estudio.

Sin embargo, existen condiciones que permiten inclinarse a validar dichos supuestos, puesto que al comentar el objetivo y la finalidad de este proyecto con la empresa a cargo de la recolección en sectores concesionados en la ciudad de Viña del Mar y con la Dirección de Aseo de la Ilustre Municipalidad de la comuna, se mostró un gran apego a que dichas condiciones son realmente factibles de llevar a cabo.

Otro factor que resulta importante, es la actual legislación relacionada al manejo de residuos, ya que ésta no trata temas relevantes para el manejo y la disposición final de residuos sólidos urbanos, como por ejemplo, un método lógico y más realista de cálculo de tarifas de recolección de desechos, tema que actualmente está bajo responsabilidad de las municipalidades del país. No obstante, si la legislación se reformara en el ámbito mencionado anteriormente, es de suponer que los cambios que se incluyen sean en pos de un manejo más eficiente de los recursos físicos y ambientales del país. Si bien alguno de estas variaciones pueden afectar el presente estudio, se puede tomar como salvaguarda que la planta debería operar bajo una concesión del manejo de RSU de la comuna por varios años, por lo que cambios drásticos no podrían aplicarse a la operación de la planta en un corto plazo, teniendo tiempo para adecuarse paulatinamente a los cambios que eventualmente puedan llevarse a cabo en la regulación del sector.

Respecto al Proyecto en si, éste analizó los costos necesarios de implementación, operación y mantención de los equipos e instalaciones. Los valores correspondientes a construcción de la obra gruesa de la planta expuestos en este estudio se basan en estadísticas proporcionadas por la Cámara Chilena de Construcción, lo que hace que dichos valores no disten mucho del valor real. Este punto es de suma importancia porque no sólo influye en el total de la inversión necesaria para el desarrollo del Proyecto sino que, además, se asocia directamente al nivel de endeudamiento que se debe tener si se recurre a financiamiento externo. Por otro lado, no se ha tomado en cuenta el valor de la campaña de concientización

de la población y promoción de la separación de la basura en dos grupos, debido a que este aspecto debe ser financiado no sólo por la planta de recuperación, incluyendo dentro de esta campaña a otras instituciones, tanto públicas como privadas, que para este caso en particular serían la municipalidad de Viña del Mar y la empresa concesionaria de recolección de desechos. Es por esto que el VAN real de la estación de transferencia con recuperación de materiales puede variar, al igual que los otros indicadores de rentabilidad pero su variación no se espera que sea mayor, o sea, que convierta en infactible al Proyecto.

Como toda empresa, la dependencia a la demanda estimada hace posible que en la realidad ocurran situaciones muy distintas a las estimadas, sobretodo por el sentido que, por ser un mercado relativamente nuevo el que se abriría con la implementación de la estación de recuperación/transferencia en Viña del Mar, la estimación de la demanda se realizó en función de un *benchmarking* internacional, apoyado por datos nacionales.

Por otro lado, un aspecto importante en el cual el Proyecto no se ha profundizado es en el hecho de la posibilidad de comercializar Bonos de Carbono. Este instrumento que apareció luego del Protocolo de Kioto [AIDIS03], permite que países desarrollados puedan invertir en proyectos de descontaminación que se realizan voluntariamente en países en vías de desarrollo, como Chile, siempre y cuando estos proyectos disminuyan la cantidad de gases que provocan el efecto invernadero en la atmósfera. En el caso de la planta de recuperación, al existir una separación de material orgánico para ser transformado en *compost* a través de métodos aerobios, se evita que dicho material llegue al relleno sanitario y produzca gas metano por su propia descomposición en ambiente anaeróbico, lo que hace que la generación de este gas invernadero en el relleno disminuya, además también se logra disminuir la contaminación por gases de combustión de camiones de transporte al disminuir los viajes que deban hacer éstos al relleno sanitario. Este es un tema interesante pero a la vez muy difícil de estudiar debido a que en Chile sólo existe una experiencia exitosa de venta de Bonos de Carbono. Sin embargo, están en estudio varios proyectos, como por

ejemplo, el que trata la disminución de la emanación de gas metano desde el relleno sanitario “Lomas El Colorado” a través de la incineración o aprovechamiento energético de este gas. A simple vista se puede analizar que si se llegara a buenos términos en este aspecto, el VAN como los demás indicadores de rentabilidad del proyecto eventualmente podrían mejorar.

Los resultados obtenidos a lo largo del estudio son alentadores y se pueden agrupar en: Resultados relacionados al mercado; a aspectos técnicos y de operación; a indicadores económicos de rentabilidad; y a temas medioambientales.

Primero, luego de analizar el mercado de reciclaje y el proceso de recolección y disposición de RSU, se pudo concluir que existen factores positivos para la implementación de una planta de transferencia de desechos que recupere materiales, como lo son, la existencia de industrias que se inclinan a comprar materiales recuperados de los RSU para sus procesos como parte de su materia prima, lo que en general se traduce en una disminución de sus costos de producción. De acuerdo a un objetivo del proyecto, el cual hacía mención de recuperar residuos presentes en los desechos generados en la comuna de Viña del Mar y venderlos en el mercado local, se logró determinar que es posible reciclar los siguientes porcentajes de materiales contenidos en la totalidad de la basura de la comuna durante la vida útil del proyecto:

Papel y cartón: 6 a 10%

Vidrio: 60%

Plástico: 1 a 8%

Residuos orgánicos: 7%

Aluminio: 55%

Segundo, los resultados concernientes a la estructura de operación y costos de ello son positivos ya que existen los equipos, materiales y tecnología disponible para construir y hacer funcionar una planta de recuperación y obtener beneficios monetarios de dicha actividad. Esto se aprecia en que los ingresos, contrastados con los egresos de la operación, resultan positivos y del orden de miles de UF (ver capítulo 16). Por otro lado, con respecto a los ingresos se puede mencionar que el porcentaje de ellos que corresponde a la recuperación de materiales corresponde a un 26,13 % en el primer año y varía hasta alcanzar un nivel de 35,04 % en el último lo que implica que cada vez se hace más importante la recuperación de materias reciclables para la planta.

Tercero, el resultado de la evaluación económica y financiera del proyecto intrínseco nos muestra que la idea de tratar de un modo más sustentable los RSU de Viña del Mar a través de una planta de transferencia que separe material reciclable es un proyecto fuertemente factible ya que posee indicadores de rentabilidad altos como son un VAN de 18.044,84 UF, una TIR de 17,25 % y un PRK de 12 años. Esto implica que la inversión realizada al inicio del proyecto se recupera en 12 años y los siguientes períodos sólo generarán utilidades para el proyecto. Además, el valor de la Tasa Interna de Retorno es mayor en más de 4 puntos porcentuales a la TRMA definida, lo que no hace riesgoso el funcionamiento de la estación. Lo mismo se avala con el resultado del VAN, el cual está muy alejado del punto de quiebre (VAN del proyecto = 0).

Como se requiere de una inversión importante para implementar este proyecto (63.106 UF), que significan más de 1.000 millones de pesos, es necesario analizar la posibilidad de recurrir a financiamiento externo primero, por la capacidad monetaria de los inversionistas el año 0, y segundo, para estudiar los beneficios que trae consigo un financiamiento a través de una institución bancaria (disminución de pago de impuestos, menor inversión inicial por parte de los inversionistas, etc.). El programa de financiamiento que se definió fue uno capaz de entregar beneficios al final del proyecto y que disminuyera gran parte de la

inversión en capital propio que deben hacer los inversionistas. Es por esto que este programa usaba la opción de adquirir algunos bienes de capital a través de la modalidad del *leasing* y el resto financiarlo a través de deuda con un porcentaje de 35 % respecto de la inversión necesaria. Los resultados de dicho programa respecto a su rentabilidad son muy buenos alcanzando valores para el VAN de 9.624,43 UF, una TIR de 20,67 % y un PRK de 12 años. Algo importante de estos indicadores es que la TIR logra superar a la TRMA exigida por los inversionistas (TRMA = 16,24 %) en más de 4 puntos porcentuales.

Al comparar ambas propuestas (sin y con financiamiento) se puede llegar a la conclusión que aunque en ambos casos la inversión se recupera en un mismo período de tiempo y las Tasas Internas de Retorno son mayores a sus respectivas TRMA en valores similares, el Valor Actual Neto del proyecto sin financiamiento es casi el doble al que se obtiene cuando se usan instrumentos bancarios. Esto en ningún caso hace poco atractivo el proyecto financiado ya que para llevarlo a cabo se requiere de 40.427 UF menos que lo necesario para implementar el proyecto sin financiamiento, lo que lo hace más accesible para los inversionistas interesados en el sector. Por todo lo dicho, la decisión de usar o no financiamiento externo dependerá de la capacidad monetaria que tengan los inversionistas y los riesgos intrínsecos que tiene el proyecto. Para esto último se realizaron 3 análisis de sensibilidad asociados a: eliminación de recuperación de materia orgánica, diferentes niveles de financiamiento y análisis del precio de quiebre.

Si la estación debiera dejar de recuperar materia orgánica para destinarla a plantas de compostaje, el proyecto intrínseco se haría infactible económicamente hablando debido a que los ingresos disminuirían y los costos aumentarían. Dicho resultado nos indica que la planta de transferencia debe realizar las dos recuperaciones (orgánico e inorgánico) o en el caso de no poder, por razones de mercado, recuperar materia orgánica, deberá plantearse de nuevo el precio de tratamiento de la tonelada de RSU para poder contrarrestar el diferencial negativo que provocaría esta situación.

Analizando diferentes niveles de financiamiento, referido sólo al endeudamiento y no al *leasing*, se puede analizar que, aunque los valores del VAN asociado a cada nivel son muy parecidos y no sufren grandes incrementos, la tendencia explica que si se debe usar financiamiento, lo mejor es usar la mayor cantidad de él. Aunque según el análisis de sensibilidad sería más provechoso usar un financiamiento del 50 % en vez del de 35 % definido en el programa de financiamiento de este estudio, hay que tener en cuenta que en estos momentos los bancos no están financiando más del 50 % del total de la inversión por lo que usar dicho nivel de financiamiento haría poco creíble el programa definido. Otra conclusión que se puede obtener de este análisis es que el financiamiento por deuda no encarece en gran medida los costos del proyecto ya que al aumentar el endeudamiento, el alza en las amortizaciones no implican una disminución fuerte en los flujos de dinero, pero sí baja la cantidad de dinero necesario para partir el proyecto (inversión inicial). Esto se apoya también en que el factor que encarece más el financiamiento del proyecto es el *leasing* usado, como se puede analizar fácilmente desde las tablas de Fuentes y Usos de Fondos del proyecto con financiamiento donde la cuota anual del *leasing* es de 7.815 UF mientras que para un nivel de 35 % de financiamiento por deuda, la amortización anual es sólo de 1.526 UF.

Por último, el análisis del precio de quiebre arrojó que el valor cobrado a la municipalidad por la tonelada de RSU ingresada a la planta no debe ser en ningún caso menor a \$ 6.646 pesos. Por ser una licitación la forma de adjudicarse este tipo de proyectos, se debe tener muy en claro hasta qué punto se puede rebajar el precio ofrecido ya que, aunque con un nivel de \$ 6.646 pesos el VAN del proyecto intrínseco es cero, esto está sujeto a que se cumplan fielmente las estimaciones de la demanda y, por consiguiente, los ingresos estimados. Aceptar como precio el nivel de quiebre o cercano a él no es recomendable porque se corre el riesgo de que el mercado de materiales recuperados no responda como se espera, lo que traería resultados negativos para el proyecto, llegando incluso a hacerlo infactible o a requerir alguna subvención por parte del sector público.



Algunos aspectos que pueden hacer variar estos indicadores son la posibilidad de arriendo de equipos y el uso de instrumentos CORFO. Si bien se calcularon los costos del proyecto como si todos los equipos necesarios se compraran, muchos de ellos podrían ser conseguidos en el mercado como concepto de arriendo (ya que no se utilizan a diario), como por ejemplo, el camión plano, lo que hace que en la realidad los costos de inversión y operación puedan optimizarse analizando la posibilidad de arriendo de equipos que no son primordiales para el funcionamiento de la estación de transferencia. Además, en este análisis no se utilizó instrumentos de CORFO ya que sólo dos de ellos podrían ser factibles de usar: "Financiamiento de Inversiones de Pequeñas y Medianas Empresas" y "Financiamiento de Inversiones de Protección Medioambiental"[Carballal04], y al ser fondos postulables no es segura su adjudicación por lo que se prefirió no incluirlos, aunque la obtención de alguno de ellos traería, al igual que el arriendo de equipos, beneficios al proyecto, incrementando los indicadores de rentabilidad de éste.

Cuarto, los resultados concernientes a aspectos medioambientales también resultaron positivos. En primer lugar, al recuperar un porcentaje de materiales con procesos de biodegradación de periodos largos o infinitos, hace que se prolongue la vida útil de los sitios de disposición final de RSU (vertederos y rellenos sanitarios), posponiendo la creación de nuevos sitios, lo que sin duda, altera el ecosistema y el paisaje natural. Por otro lado, al reducir la cantidad de viajes que deben realizar los camiones a los mencionados sitios de disposición final, se estaría disminuyendo la contaminación atmosférica por concepto de monóxido de carbono que expelen los motores de combustión interna. Además, el que las industrias utilicen materiales recuperados como materia prima en sus procesos, hace que se disminuya la utilización de recursos naturales vírgenes, como por ejemplo, a tala de árboles para la producción de papeles y cartones.

Como consideración final se puede decir que por ser un mercado nuevo y el cual requiere un cambio de mentalidad de la población, el proyecto es viable económicamente y requiere de una inversión alcanzable para inversionistas del sector, especialmente el proyecto financiado, pero requiere de un cambio de mentalidad de la población de la ciudad de Viña del Mar y sus alrededores así como de las empresas que usan o pueden usar materiales recuperados.

## Anexos

### Anexo 1 - Clasificación de residuos

#### A1.1 Residuos industriales

Son aquellos generados en cualquier actividad industrial y han de recogerse o depositarse en recipientes adecuados, debido a que, en general, se encuentra prohibido su vertido en las redes de alcantarillado público, en el suelo, en los cauces públicos o en el mar litoral. Ejemplos típicos de estos residuos corresponden a aceites y disolventes químicos, entre otros.

#### A1.2 Residuos voluminosos

Son materiales de desecho de origen doméstico que por su forma, tamaño, volumen o peso son difíciles de ser recogidos y transportados por los servicios de recolección convencionales. Tal es el caso de muebles, colchones, electrodomésticos, vehículos, etc.

Dado que cada vez es más frecuente el abandono clandestino de estos desechos, es necesario conocer la naturaleza, composición y cantidad de éstos, con el fin de disponer de los medios adecuados para su manejo, tratamiento y posible recuperación.

### A1.3 Residuos sanitarios o de establecimientos de salud

Estos son residuos derivados de actividades sanitarias procedentes de hospitales, clínicas, laboratorios de análisis clínicos, laboratorios de investigaciones biológicas y establecimientos similares, como industrias farmacéuticas. Estos residuos se caracterizan por la presencia de gérmenes patógenos y de restos de medicamentos.

### A1.4 Residuos de construcciones y demoliciones

Estos residuos son los obtenidos en actividades de construcción y demolición de viviendas, edificios, puentes y carreteras. En ellos se encuentran maderas (generalmente contaminadas con pinturas y metales), tejas, ladrillos, asfalto, hormigón, metales féreos, entre otros. De estos materiales los residuos de madera son usados en construcciones nuevas o como combustible; el pavimento asfáltico es reciclado para crear nuevo pavimento; el hormigón (triturado) se ocupa en la construcción de carreteras; los ladrillos en fachadas decorativas; el acero estructural se puede transformar en acero de reforjado o nuevamente en estructural; el aluminio (marcos de ventanas, etc.) se vende a fábricas de aluminio, por ejemplo.

### A1.5 Residuos domiciliarios

Este tipo de residuos proceden de las distintas actividades de la vida en comunidad. Se presentan en dimensiones manejables y generalmente en recipientes más o menos normalizados, como por ejemplo, bolsas plásticas, contenedores y botes.

Dichos residuos comprenden a los procedentes de las viviendas, la limpieza de calles y veredas, mantención de jardines y áreas verdes, establecimientos comerciales y establecimientos industriales asimilables a un núcleo familiar (materiales de oficina, comedores, etc.)

Respecto a la caracterización de los elementos que componen los residuos sólidos domiciliarios, éstos se pueden clasificar de la siguiente forma:

#### **A1.5.1 Envases Tetra Pak**

La proliferación de la utilización de este tipo de envases, los cuales son una mezcla de papel aluminio, cartón y plástico, por parte de las empresas productoras de jugos, leches y vinos, entre otras, hizo que surgiera la preocupación de lograr reciclarlos, ya que producen un enorme aumento del volumen de desperdicios que son destinados a los vertederos. La reutilización de ellos se usa para crear nuevos envases o para paneles de construcción.

#### **A1.5.2 Latas de Aluminio**

El aluminio es fácil de reciclar por lo que el mercado de recuperación de este material está desarrollado tanto en nuestro país como en el extranjero. Además de la facilidad para poder identificar y separar las latas de aluminio, otra característica que hace atractiva su recuperación es que se gasta un 95 % menos de energía al producir una lata nueva desde latas recicladas que haciéndolo desde el mineral. [Lund96]

Respecto a su reciclaje no sólo se puede convertir nuevamente en una lata de bebida o cerveza sino que tiene un gran abanico de posibilidades como lo son en la industria aeronáutica y aeroespacial (fuselajes), industria química, industria de la construcción

(paneles), industria de embalajes, etc. El aluminio que se recicla se denomina "aluminio secundario" y se mezcla fundido con otros materiales y con aluminio virgen (aluminio primario) para conseguir la aleación correcta.

### **A1.5.3 Metales Férreos**

Estos provienen de la chatarra o residuos voluminosos, como automóviles abandonados, latas de hojalata, electrodomésticos, entre otros. Los metales más comúnmente recuperados son el hierro y el acero. Se puede clasificar los tipos de chatarras en 3 grupos:

**Propia:** Es la que se obtiene de las mismas cadenas y líneas donde se fabrica el metal. Viene siendo un producto secundario de las fábricas de acero y corresponde a lingoteras y mazas rotas, recortes de placas y chapas rechazadas del tren de laminación.

**Industrial:** Corresponde a los rechazos, sobras y virutas que se obtienen en las líneas de producción de empresas que trabajan con acero para crear sus artículos. Es el resultado del manejo mecánico del metal en dichas industrias. Ejemplos de esto son los recortes de una planta estampadora para la producción de automóviles o de un fabricante de mesas metálicas, la viruta de un torno, etc.

**Obsoleta:** Se refiere a los productos que, siendo constituidos por acero o hierro, terminan su vida útil y son desechados. En esta categoría pertenecen los automóviles abandonados y chocados, la maquinaria de las empresas ferroviarias, electrodomésticos y máquinas para trabajar jardines, baterías de cocina, latas de hojalata, entre otros. Las latas de acero, conocidas como "de hojalata", son comunes en los RSU en los que llegan después de haber

sido utilizado como tarros de conserva de alimentos como atún, duraznos, arvejas, palmitos, etc.

Todo el material recuperado se envía a las fundiciones donde es fundido, entrando al ciclo productivo como materia prima.

#### **A1.5.4 Neumáticos**

Los neumáticos utilizados en los diferentes tipos de móviles son un problema para los encargados de la recolección de residuos en una ciudad debido a que son poco comprimibles, lo que hace que los camiones recolectores copen su capacidad más rápidamente. El uso que se da a los neumáticos recuperados es muy variado y se puede clasificar en dos grandes grupos:

**Neumáticos triturados:** Al usar trituradoras sobre los neumáticos estos quedan reducidos a una conjunto de tiras que van desde 5 x 20 cm. a 5 x 5 cm. Con ellas se pueden realizar productos de caucho reciclado (sandalias, alfombrillas, etc.), amortiguadores en los diques y cintas transportadoras a través del fraccionamiento del neumático, combustible en grano, compostaje de fangos (actuaría como elemento espumante sin degradarse), y rellenos ligeros en la construcción de bases de carreteras (sustituyendo a la arena y grava).

**Neumáticos enteros:** Si se decide usar el neumático en su forma normal, es decir, sin aplicarle ningún cambio a su forma se puede utilizar como arrecifes y rompeolas artificiales (en la costa, marinas y puertos), barreras parachoques en carreteras y puertos, combustible (usando el neumático entero, sin destruirlo antes), elementos agrícolas (formas de marcar

caminos rurales, juegos para niños, etc.), y además se podría recauchar, dependiendo del estado del neumático.

### **A1.5.5 Papel y Cartón**

El papel, producido en base a la celulosa de árboles, es posible reciclarlo debido a la existencia de procesos de decolorización que permiten eliminar de ellos todos los elementos usados para escribir, colorear y dibujar.

No todos los cartones y papeles son factibles de ser reciclados. Algunos, por el tipo de elaboración que tuvieron o el uso que se dio, no pueden ser reutilizados.

**Papel de diario:** Dentro de este papel no todo se puede reciclar para fabricar el mismo producto. Si el papel recuperado tiene altos contenidos de otros tipos de papeles, es decir, que no sean papel de diario, lo recuperado se utilizará para fabricar aislamientos y cartón debido a que estos elementos no requieren un alto nivel de calidad. Por otro lado, si el papel de diario no tiene otro tipo de papeles asociados, se ocupará para realizar nuevas tiras de papel de diario. En ambos casos, el material recuperado debe estar seco y no estar afectado en gran medida por la acción del sol.

**Cartón corrugado:** Este tipo de cartón es con el que se confeccionan cajas para transporte de unidades de productos, como por ejemplo, lavalozas, betunes, envases vacíos, etc. Es utilizado para confeccionar cartón nuevo para cajas y papel.

**Papeles de oficina:** Este es un papel de alta calidad. Consta del papel utilizado para impresión (impresoras, planos) y el usado para llevar las cuentas (es mucho más fino que el anterior), ya sea blanco o de colores. Tanto el de "impresión" como el de "cuentas" son papeles de gran calidad y al reciclarlos se utiliza como materia prima para servilletas, pañuelos y toallas de papel.

Cada una de estas categorías tiene subcategorías dependiendo de la calidad del papel en base a la utilización y tratamiento recibidos en su vida útil. Más información sobre tipos de papeles reciclables se encuentra más adelante en el anexo 2.

#### **A1.5.6 Plásticos**

Dependiendo de la resina utilizada, el material plástico puede estar fabricado de: polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS), entre otros. No todos ellos se pueden reciclar debido a las condiciones necesarias que requieren las materias primas, aunque algunos como el PEAD reciclado llega a tener una pureza de alrededor del 99 % [Lund96], lo que lo hace tan bueno como el PEAD virgen. A continuación se describe la principal utilización de cada uno de ellos<sup>13</sup>.

**PET (1):** De este material se fabrican botellas de bebidas, aceites; envases en general; alfombras; refuerzos para neumáticos; cintas de video y audio. Su reciclaje se puede utilizar en textiles para bolsas; lonas; velas náuticas y alfombras; ropa de vestir; cuerdas e hilos y espumas aislantes.

---

<sup>13</sup> El número entre paréntesis representa el código internacional usado para indicar cada tipo de material



**PEAD (2):** De este material se fabrican bidones de leche y agua; botellas de detergentes, alimentos y cosméticos; juguetes; enseres domésticos; caños para agua y gas. Al reciclarlo se ocupa como materia prima para la obtención de bolsas; botellas de detergente; caños y sustitutos de la madera.

**PVC (3):** Es utilizado para la fabricación de cañerías; tarjetas de crédito; juguetes; productos médicos; pisos y marcos de ventanas; aislamiento para cables y botellas. Al reciclarlo se ocupa para muebles de jardín; zapatos; contenedores; caños; barandas.

**PEBD (4):** Con este tipo de polietileno se fabrican bolsas de basura, cintas plásticas, envases tipo *sachets*, películas para envolver, etc. La materia prima reciclada se ocupa para crear nuevas bolsas de basura; membranas aislantes de la humedad y películas para agricultura.

**PP (5):** Se usa para tapas y golletes de los envases de mayonesa y salsas; tapas de las bebidas; contenedores de yogurt y margarina; batería y piezas para automóviles; medicina; envases para microondas; artículos para el hogar. Su reciclado sirve para crear textiles; sillas; contenedores y piezas de automóviles.

**PS (6):** Se usa para la fabricación de envases para componentes electrónicos y eléctricos; botellas de fármacos; envases lácteos; vajilla de aviones; casetes y discos compactos; paneles aislantes; artículos de librería. Con este material reciclado se produce bandejas; accesorios de oficina y aislamientos térmicos.

Más información sobre tipos de plásticos reciclables se encuentra en el anexo 2.

### **A1.5.7 Residuos de jardín**

Esta clasificación se refiere a hojas caídas de árboles, cortes de césped y residuos de madera (podas, tallos, ramas y raíces) que se generan en las ciudades y no son mezclados con los residuos domiciliarios. Dependiendo de la procedencia de estos elementos, los desperdicios de jardín se clasifican en dos grupos:

**Domésticos o de viviendas:** Proviene de la mantención de jardines, árboles, áreas verdes y cortes de césped que se realizan en las casas y edificios de las ciudades. Los propietarios o arrendatarios son los encargados de realizar dicha labor de mantención.

**Comerciales:** Son los desechos que se generan en el mantenimiento de recintos comerciales, centros deportivos (canchas de golf, tenis, fútbol), establecimientos institucionales y cementerios. Además dichos desechos son fácilmente separables del resto de la basura, lo que no ocurre con los domésticos debido a que se suelen mezclar con el resto de la basura generada.

Todo el material recuperado es molido para ser convertido en compostaje, ya sea por métodos aerobios como por anaerobios. Este producto sirve para mejorar la calidad de la tierra y se puede vender como tal a agricultores como también a los habitantes de las ciudades, que lo pueden utilizar para mantener sus jardines.

### **A1.5.8 Residuos Orgánicos**

Estos elementos son los componentes orgánicos que se encuentran en los RSU, es decir, todos los restos de comidas, frutas y verduras, hojas y desechos de jardín que se eliminan en los residuos sólidos domiciliarios. Este material se puede utilizar para realizar compostajes (mejoramiento de tierra), necesidades agrícolas, cubrimientos intermedios de vertederos, para obtener metano, etanol y otros compuestos orgánicos usados como combustibles.

#### **A1.5.9 Vidrios**

Este material se forma a partir de materias inertes que, además de ser inofensivas para el ambiente, están presentes en grandes cantidades. Tanto sus componentes principales (arena silícea blanca, sosa y caliza) como sus secundarias (cenizas vitrificadas, sulfato de sodio, entre otros) son de fácil acceso para los productores. No obstante el reciclado de vidrio trae como consecuencia un ahorro energético puesto que el vidrio se funde a una menor temperatura que la que se requiere para fundir la materia prima virgen, ayudando esto a reducir el consumo de combustibles y a usar los hornos a temperaturas menores que las actuales por lo que su mantenimiento y vida útil serán mejores.

Las botellas y materiales se separan por color, generalmente en verde, transparente y ámbar y lo recuperado se ocupa para crear nuevas botellas y vidrios. El clarín o vidrio roto en tanto puede ser usado como *glasphalt* (asfalto para carreteras), materiales de edificación y construcción (ladrillos, tejas de arcilla, árido ligero para el hormigón, etc.), pintura reflectante (para señales viales), aislamiento de lana de vidrio, postes para cables telefónicos y para vallas, arena artificial para restaurar playas, fibra de vidrio, entre otros.

#### **A1.5.10 Otros Residuos**

No todos los materiales se pueden reciclar y la recolección selectiva de ellos puede ir en función de evitar contaminaciones de los demás elementos existentes en la basura que tienen la posibilidad cierta de ser reutilizados. Este es el caso de pilas, baterías y de los denominados Residuos Peligrosos Domésticos.

**Baterías ácidas de plomo:** Son las usadas en los automóviles y en algunas herramientas o máquinas que utilizan motores y requieren de almacenaje de electricidad. Aunque el nivel de reciclaje de estos aparatos es bajo, la mayoría de las veces se hace en busca de obtener y comercializar el plomo que contienen en su interior. Al poseer altos niveles de dicho metal, su extracción en conjunto con los RSU provocaría la contaminación de éstos como del lugar de la disposición final.

**Pilas domésticas:** Estos aparatos son ocupados como fuente de energía para radios, linternas, audio personal, cámaras fotográficas, etc. Dichos elementos no son recuperados con el objetivo de reciclarlos, sino de evitar la contaminación que provoca el derramamiento sin control de los metales pesados que contiene en su interior.

**Residuos peligrosos domésticos:** Estos desperdicios, aunque contienen materiales similares a los que se encuentran en los residuos peligrosos industriales, no están sujetos a alguna ley que norme su forma de eliminación. Por tal motivo la extracción de residuos que contengan niveles considerables de este tipo de desechos puede ocasionar accidentes o contaminación de los elementos de los RSU que se pueden reciclar.

#### **A1.5.11 Residuos Irrecuperables**

En este grupo entran todos aquellos elementos que por diferentes razones no pueden ser reciclados. Esto ocurre porque la materia prima que se requiere debe tener alta pureza y el reciclaje de dicho elemento no permite tal efecto o porque el material está contaminado, ya sea esta contaminación producto del contacto con otros desperdicios (muy húmedo, mezcla con productos químicos, etc.) o por el manejo y utilización que se le dio a través de su vida útil (uso de pegamentos, pinturas, productos químicos, etc.), o simplemente porque no presentan ninguna utilidad. Ejemplos de productos que no pueden ser reciclados son los papeles higiénicos, pañales, material de aseo, maderas con cemento, cenizas, tierra con aceite, entre otros.

Estos elementos pueden ser llevados a vertederos o rellenos sanitarios para su disposición final y tapados por cubrimientos intermedios de tierra o incinerados para obtener energía de ellos, reduciéndolos a cenizas.

Aunque los residuos peligrosos urbanos, junto con la mayoría de las pilas y baterías, no son reciclados, siendo por consiguiente residuos irre recuperables, se tratan en forma separada a estos últimos debido a la importancia de poder evitar su mezcla con el resto de RSU, facilitando el reciclaje de estos últimos y evitando la contaminación descontrolada del ambiente al disponerlos en vertederos especiales para desperdicios peligrosos.

## Anexo 2 – Tipos de materiales reciclables

Cada material reciclable tiene una clasificación con lo cual las empresas pueden utilizar materiales de una composición específica para crear nuevos productos de la misma composición.

## Papeles y Cartones

Los papeles y cartones tienen que entregarse limpios, secos y separados según el tipo. Hay diferentes categorías de papeles, cada una con un distinto valor comercial por kilo.

A continuación se mencionan las categorías, ordenadas, de mayor a menor, según su valor comercial:

Papel blanco 1: Papeles y cartulinas blancas (fabricados 100% con celulosas blancas), sin impresión, sin repelente de humedad y sin colorear en la masa.

Papel blanco 2: Papeles y cartulinas blancas (fabricados 100% con celulosas blancas) sin o con baja impresión, sin repelente de humedad y sin colorear en la masa. Por ejemplo: cartas, fotocopias, hojas de cuaderno, fax, etc.

Papel blanco 3: Papeles y cartulinas blancas (fabricados 100% con celulosas blancas) sin o con baja impresión, sin repelente de humedad y sin colorear en la masa. Por ejemplo: magazines, carteles promocionales, etiquetas, envases, etc.

Mixto especial: Papeles con alta impresión y color en la masa, por ejemplo, despunte de imprentas, carteles, avisos, despunte de envases, papeles de oficina, formularios continuos, etc.

Revistas: Papeles con alta impresión, de colores intensos y color en la masa.

Mixto 2: Papeles y cartulinas blancas y coloreadas en la masa con tonos pasteles (fabricadas 100% con celulosas blancas) sin repelente de humedad y altamente impresos, por ejemplo, copias de facturas, sacos de papel, envases, boletas de color, copias de boletas,

papel roneo, revistas, papeles de colores para oficinas, formularios continuos de color, despunte de imprentas.

Kraft: Papeles Kraft con o sin impresión, por ejemplo, sacos multipliegos con alto contenido de fibra kraft, envases de papel kraft.

Cartón corrugado: Cajas de cartón corrugado con y sin impresión.

Duplex: Cartulinas compuestas por una cara fabricada con celulosa blanca y la otra con celulosa kraft cruda, impresas y sin repelente de humedad, por ejemplo, tapas de cuaderno, envases de remedio, envases de detergente, envases de alimentos, etc.

Diario: papel de periodicos.

Por tanto, los papeles y cartones que no sirven para ser reciclados son los siguientes:

Papeles sucios como papel higiénico, servilletas, cajas de tortas, etc.

Papel diamante y papel mantequilla.

Papel de calco o plastificado.

Papel o cartón gofrado o encerado.

## **Vidrio**

Los vidrios se distinguen en tres categorías:

Botellas de bebidas (gaseosas, jugos, licores, vinos) enteras, es decir sin defectos. Estos pueden ser reutilizados por la misma empresa embotelladora y tienen un valor económico más alto. Esta retornabilidad significa un ahorro de energía, lo que es beneficioso para la empresa y para el medio ambiente.

Envases (frascos) para cualquier tipo de alimento (conservas, mayonesa, yogurt, jarabes, medicamentos, etc.), de perfumes o colonias y de aceite. Estos envases tienen que estar intactos también.

Vidrio roto, se entrega separado por kilo y por color.

Al igual que en los papeles todos los tipos de vidrios no pueden ser reciclados, algunos de ellos son, por ejemplo:

Vidrios rotos de autos (parabrisas).

Vidrios rotos de ventanas.

Espejos.

Ampolletas y fluorescentes.

Lozas (que no son de vidrio).

## **Plásticos**

En los plásticos se reciclan:

Botellas retornables PET N° 1: son las botellas de bebidas retornables.

Botellas no retornables PET N°1: son las botellas de bebidas que son desechables.

Elementos de PVC, PP, PEBD y PEAD: son recortes, excedentes o elementos con dicha composición.



Todos estos materiales recuperados deben ir limpios a los centros de reciclado.

### **Latas**

Las latas susceptibles de ser recicladas pueden ser de dos tipos:

Latas de bebidas y cervezas: latas de aluminio que pueden ser extranjeras o nacionales.

Otras latas: latas de lubricantes, conservas, leche en polvo, etc.

Deben ser entregados limpios y opcionalmente pueden ser entregados comprimidas.

### **Tetra Pak**

Son tipos de envases en que el cartón está unido al plástico y aluminio. Los materiales reciclados pueden ser:

Cajas de leche.

Cajas de jugo.

Cajas de vino.

Otras.

**Material orgánico**

Es toda la fracción orgánica de la basura. Pueden venir de:

Ferias y mercados: restos de verduras y frutas.

Consumo familiar y restaurantes: restos de comida, frutas, verduras, etc.

Podas municipales: podas de árboles de la vía pública.

Jardinería: mantención de jardines particulares y de privados.

Lodos de plantas de tratamientos: son los lodos resultantes de los tratamientos de aguas servidas, líquidos utilizados en empresas, etc.

Etc.

**Anexo 3 – Sectores de recolección y rutas.**

<b>Sector</b>	<b>Código Ruta<sup>14</sup></b>	<b>Nombre Ruta</b>	<b>Día</b>	<b>Estrato Social</b>
Recreo Alto	1REA	El Sauce 1	Lu - Ju	Alto
	2REA	El Sauce 2	Ma - Vi	Alto
	3REA	Santa María	Mi - Sa	Medio
Caleta Abarca	1REB	Villa Londres	Lu - Ju	Medio
	2REB	Villa Columbia	Ma - Vi	Medio

<sup>14</sup> Los códigos que solo se describen por medio de un número corresponden a rutas concesionadas a empresas de recolección mecanizada.

	3REB	Villa Moderna	Mi - Sa	Medio
Forestal A	1FOA	Buenos Amigos	Lu - Ju	Medio
	2FOA	Forestal Bajo	Ma - Vi	Medio
	3FOA	Mackenna-Fátima	Mi - Sa	Medio
Chorrillos	1CHO	El Boldo	Lu - Ju	Medio
	2CHO	Lomas	Ma - Vi	Bajo
	3CHO	Cardenal Caro	Mi - Sa	Bajo
Forestal B	1FOB	Monteverde	Lu - Ju	Bajo
	2FOB	Puerto Montt	Ma - Vi	Bajo
	3FOB	Tranque Vergara	Mi - Sa	Bajo
Forestal C	1FOC	Manuel Rodríguez	Lu - Ju	Bajo
	2FOC	Gran Esfuerzo	Ma - Vi	Bajo
	3FOC	Gabriela Mistral	Mi - Sa	Bajo
Forestal D	1FOD	Río Blanco	Lu - Ju	Bajo
	2FOD	Puerto Aisén	Ma - Vi	Bajo
	3FOd	La Unidad	Mi - Sa	Bajo
Viña del Mar Alto	1VMA	Parroquia	Lu - Ju	Medio
	2VMA	Viña del Mar Alto	Ma - Vi	Medio
	3VMA	Las Brisas	Mi - Sa	Medio
Nueva Aurora A	1NNA	Nueva Aurora	Lu - Ju	Bajo
	2NNA	San Rafael	Ma - Vi	Medio

	3NNA	Villa Perú	Mi - Sa	Bajo
Nueva Aurora B	1NNB	Las Lomas	Lu - Ju	Medio
	2NNB	Villa Linda Sur	Ma - Vi	Medio
	3NNB	Villa Montes	Mi - Sa	Medio
Villa Dulce	1VDN	Villa Dulce Amp.	Lu - Ju	Bajo
	2VDA	Génesis	Ma - Vi	Bajo
	3VDN	Villa Dulce Norte	Mi - Sa	Bajo
Villa Hermosa	1VHE	Villa Hermosa	Lu - Ju	Bajo
	2VDU	Villa Dulce Crav	Ma - Vi	Bajo
	3VHE	Villa Hermosa Amp.	Mi - Sa	Bajo
Santa Julia	1SJU	Santa Julia Central	Lu - Ju	Medio
	2SJU	Santa Julia Sur	Ma - Vi	Medio
	3SJU	Sedamar Oriente	Mi - Sa	Medio
Reñaca Alto	1RA	Villa Alegre	Lu - Ju	Bajo
	2RA	Reñaca Alto 134	Ma - Vi	Bajo
	3RA	Reñaca Alto 102	Mi - Sa	Bajo
Miraflores Alto	1MIA	Pedro de Valdivia	Lu - Ju	Medio
	2MIA	La Conquista	Ma - Vi	Medio
	3MIA	Miraflores Alto	Mi - Sa	Medio

Mirador Reñaca	1MR	Mirador Reñaca	Lu - Ju	Bajo
	2RAS	Reñaca Alto Sur	Ma - Vi	Bajo
	3ALME	Los Almendros	Mi - Sa	Bajo
Glorias Navales	1BSJ	Bosques Sta. Julia	Lu - Ju	Bajo
	2GNA	Glorias Navales	Ma - Vi	Bajo
	3EXV	Expresos Viña	Mi - Sa	Bajo
Achupallas	1ACH	Caupolicán	Lu - Ju	Bajo
	2ACH	Pueblo Hundido	Ma - Vi	Bajo
	3ACH	Anita Lizana	Mi - Sa	Bajo
Centro	1	Centro Poniente	Lu-Mi-Vi	Medio
	2	Centro Oriente	Ma-Ju-Sa	Medio
Santa Inés	3	Santa Inés Norte	Lu - Ju	Medio
	4	Santa Inés Sur	Ma - Vi	Medio
Jardín del Mar	5	Halimeda	Lu-Mi-Vi	Alto
	6	Los Sargazos	Ma-Ju-Sa	Alto
Reñaca	7	Reñaca Centro	Lu - Ju	Alto
	8	Las Golondrinas	Ma - Vi	Alto
Gómez Carreño	9	Sector 1	Lu - Ju	Medio
	10	Sector 2	Ma - Vi	Medio
	11	Sector 3	Mi - Sa	Medio

	12	Sector 4	Lu - Ju	Medio
Miraflores	13	Miraflores Norte	Ma - Vi	Medio
	14	Miraflores Sur	Mi - Sa	Alto
Viña Plan	15	Pob.Vergara Norte	Lu - Ju	Alto
	16	Pob.Vergara Sur	Ma - Vi	Alto
Beagle	17	Beagle	Mi - Sa	Medio
El Olivar	18	El Olivar	Lu - Ju	Medio
7 Hermanas	19	7 Hermanas	Ma - Vi	Medio

Fuente: [MemoriaAseo02, Lobos03]

## Anexo 4 – Ley de Rentas Municipales

La ley de Rentas Municipales N° 15.575, establece la obligación de las municipalidades de cobrar por el servicio domiciliario de extracción de basura a nivel urbano y suburbano de las comunas. Los Art. 1 y 2 de dicha ley determina la forma como debe pagarse el derecho de aseo: " la prestación de servicios de aseo deberá pagarse en tesorería comunal respectiva conjuntamente con la contribución de bienes raíces correspondientes. El producto deberá ingresar directamente en arcas municipales."

Actualmente el decreto de ley N° 3.063 de Diciembre de 1979, de rentas municipales, establece el cobro del servicio domiciliario de aseo. El decreto N° 261 del 7 de marzo de 1980, establece el reglamento para la aplicación de la ley 3.063 y el procedimiento para calcular la tarifa de servicio de aseo.

El 29 de agosto de 1986, el Ministerio del Interior, a través de la circular 004, precisa los procedimientos que contempla el reglamento para el cobro del servicio domiciliario por extracción de basura, basándose en lo establecido en los artículos 7°, 8°, 9° y 4° transitorio del DL N° 3.063.

Este decreto establece:

a) La determinación del costo del servicio comprenderá los gastos totales que se realicen a través del Departamento de Aseo Municipal o de contratos con terceros, correspondientes a las funciones de recolección, transporte y disposición final de la basura.

b) El período a considerar para el estudio de costo es desde el 1° de Julio al 30 de Junio, para ello se debe utilizar la contabilidad de costos o el simple control de costos que lleva el municipio.

c) Los rubros de gastos que se consideran para la determinación del costo del servicio son los que se indicarán a continuación:

- **Gastos en personal:** este rubro comprende todas las remuneraciones fijas o variables, ordinarias o extraordinarias, imponibles y no imponibles, aportes previsionales o legales, incluidos los que corresponden al financiamiento del seguro por accidente del trabajo.

- **Gastos en vehículos:** este rubro comprende los gastos asociados a la operación, mantención y seguro sobre los vehículos. El cálculo del costo relativo a los vehículos se realizará en función de los gastos efectivos asociados a éstos, en el período establecido entre el 1° de Julio y el 30 de Junio.

- **Gastos en disposición final:** este rubro comprende los gastos asociados a la disposición final de la basura por concepto de relleno sanitario u otros sistemas. Si esta faena se hace por administración municipal, los gastos mensuales que involucre deberán ser actualizados

por mes de acuerdo al índice de precios al consumidor (IPC) al 30 de Junio. Si el servicio está subcontratado, los gastos de este rubro se incluirán en servicios prestados por terceros.

- **Gastos de capital:** este rubro comprende las provisiones de fondos necesarios para la renovación de equipos, de hasta siete años de antigüedad.

- **Gastos por servicios prestados por terceros:** este rubro comprende la recolección, transporte, disposición final de la basura, estudios técnicos de terreno para vertederos, etc. Estos gastos deberán consignarse actualizados de acuerdo a lo que estipulen los respectivos contratos; de no estar establecida dicha reajustabilidad se deberán actualizar los valores cancelados de acuerdo al IPC del 30 de Junio.

- **Gastos por arriendos de propiedades:** este rubro comprende los gastos por cargo de municipalidades por concepto de arriendo de inmuebles para el servicio. Se debe reajustar los montos como en el ítem anterior.

- **Gastos varios:** comprenden los gastos que se efectúen por adquisición de uniformes, equipos de trabajo, herramientas de limpieza, etc. De igual forma, se deberán imputar a este rubro los gastos efectuados durante el período de análisis por concepto de consumos de servicios. Se reajustarán los montos al igual que en los ítems señalados anteriormente.

d) Determinación de la tarifa anual: este valor se determinará dividiendo el costo total anual del servicio por el número total de usuarios, entendiéndose por tales predios destinados a vivienda (exentos y no exentos) enrolados por la dirección general de impuestos internos y las patentes municipales afectadas al cobro del servicio.

Para la determinación de la mencionada tarifa, las municipalidades deberán contar con la siguiente información: costo total anual del servicio; número total de predios de la comuna, proporcionada por el Servicio de Impuestos Internos; número de patentes municipales. La determinación del número de patentes se basa en dos formas: primero, para locales comerciales, industriales, profesionales, etc. que tengan dos o más patentes, solamente se le considera el cobro por una propiedad. Segundo, cuando se trata de propiedades que



sirven como viviendas, y además como locales comerciales u otro, el pago deberá aplicarse a la contribución territorial.

e) Servicios especiales: se considera servicios especiales la recolección prestada de aquellos usuarios cuya producción de basura exceda los doscientos litros diarios; la municipalidad establecerá el costo.

f) Aplicación de las tarifas a las patentes municipales: a través de las respectivas intendencias regionales se informará a las municipalidades del país el valor definitivo de la tarifa anual única ordinaria del servicio de aseo domiciliario. Con dicha tarifa los municipios deberán cargar en los respectivos roles de patentes municipales afectas el cobro de este servicio en dos cuotas semestrales.

Para confeccionar el cargo correspondiente a las patentes que deben cobrarse en Enero, la municipalidad deberá proyectar el IPC correspondiente al segundo semestre del año anterior al cobro; como ya se conocerá el IPC de Julio a Noviembre bastará sólo proyectar el IPC de Diciembre. Del mismo modo para confeccionar el cargo correspondiente a las patentes a cobrar en Julio, la municipalidad deberá primero determinar el ajuste del IPC proyectado en el semestre anterior considerando el producido realmente el 31 de Diciembre y luego aplicará el mismo procedimiento proyectando el IPC del 1º de Enero al 30 de Junio.

g) Aplicación de la tarifa en la contribución territorial: la aplicación de la tarifa del servicio a los predios urbanos y suburbanos que están afectos al impuesto territorial y que no se encuentran eximidos del cobro de este derecho, se efectuará en conjunto con la cobranza de la contribución territorial. No obstante, habiendo predios que están exentos del impuesto territorial, están gravados por la tarifa del aseo domiciliario correspondiente, por lo cual los alcaldes podrán establecer un procedimiento de cobranza destinado a quienes están liberados de la contribución territorial y que gocen en forma explícita de una franquicia que los libere de este derecho.

Por último, debe considerarse el IPC para actualizar, cuando corresponda, los gastos incurridos en el período comprendido entre el 30 de Junio y el 1º de Julio del año siguiente, para determinar la tarifa anual que corresponda cobrar cada año."

## Anexo 5 – Resumen de la regulación jurídica chilena aplicable a los residuos sólidos

Instrumento Legal	Temática	Instituciones Involucradas
Constitución Política	Garantía constitucional a todas las personas a vivir en un medio ambiente libre de Contaminación	Corte de Apelaciones
Ley N° 19.175 Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional	Establece funciones del gobierno regional en materia de ordenamiento territorial	Gobernador Provincial
Ley N° 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidad	Establece funciones del las Municipalidades	Municipalidades
Ley N° 19.300 Bases Generales del Medio Ambiente	Establece Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)	CONAMA COREMA
Decreto Ley N° 2.222/78 Ley de Navegación	Prohíbe arrojar materia nocivas o peligrosas en las aguas.	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.
Decreto Supremo N° 1/92	Establece un sistema de permisos	

del Ministerio de Defensa Nacional	de operación para el control de la contaminación acústica	
Código de Aguas	Vaciamiento de residuos domiciliarios e industriales en aguas.	Municipalidades
Ley N°3.133	Depuración y neutralización de residuos industriales nocivos	Presidente de la República
Decreto Supremo N° 351/92 del Ministerio de Obras Públicas	Reglamenta la disposición de residuos industriales líquidos.	Ministerio de Obras Públicas  Municipalidades  Gobierno Regional  Empresas de Servicios Sanitarios
Decreto Supremo N° 2.491/16	Clasificación de los Establecimientos industriales	Gobierno Regional  Ministerio de Obras Públicas
Decreto Ley N°3.557/81	Normas sobre protección de aguas, aire y suelos.	Servicio Agrícola y Ganadero
Decreto Ley N° 2.763/79	Establece la organización y atribuciones del Ministerio de Salud	Ministerio de Salud  Servicio de Salud del Ambiente
Código Sanitario	Atribuciones de los Servicios de	Servicio de Salud

	Salud en materia de proyectos	Municipalidades
Decreto Supremo N° 745/92 del Ministerio de Salud	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales mínimas en los lugares de trabajo.	Servicios de Salud
Resolución N° 5.081/93 del Servicio de Salud del Ambiente	Establece un sistema de declaración y seguimiento para los desechos sólidos industriales	Servicio de Salud del Ambiente
Decreto Supremo N° 86/70 del Ministerio de Minería	Reglamento de construcción y operación de tranques de relave	Servicio Nacional de Geología y Minería
Decreto Supremo N° 144/61 del Ministerio de Salud	Reglamento para evitar emanaciones o contaminantes Atmosféricos	Servicios de Salud
Decreto con Fuerza de Ley N° 34/31	Prohíbe introducir en aguas contaminantes hidrobiológicos	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.
Resolución N° 12.600/550 de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante	Programa Mínimo de Evaluación de Impacto Ambiental en el Ecosistema Marino Costero	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.
Ley N° 18.362	Sistema Nacional da Áreas	CONAF

	Silvestres Protegidas	
Decreto Supremo N° 474 del Ministerio de Relaciones Exteriores	Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos	Ministerio de Relaciones Exteriores
Decreto Supremo N° 476 del Ministerio de Relaciones Exteriores	Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por desechos	Ministerio de Relaciones Exteriores
Ley N° 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidad	Atribuye a las municipalidades el aseo y ornato, incluyendo la extracción de basura	Municipalidades
Ley N° 19.340 de Rentas Municipales	Regula los ingresos y rentas de las municipalidades	Municipalidades
Decreto Supremo N° 1/92 del Ministerio de Defensa Nacional	Regula los sistemas de evacuación de basuras de naves	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.
Decreto con Fuerza de Ley N° 1/89 del Ministerio de Salud	Enumera las actividades que requieren de autorización sanitaria expresa.	Servicios de Salud
Resolución N° 2.444/80 del Ministerio de Salud	Normas Sanitarias mínimas para la operación de basurales	Servicios de Salud

Decreto Supremo N° 4.740/47 del Ministerio del Interior	Normas Sanitarias Mínimas Municipales	Municipalidades
Resolución N° 4.560/67 del Ministerio de Salud	Norma condiciones para la operación de incineradores de Basura	Servicios de Salud
Resolución N° 7.328/76 del Ministerio de Salud	Normas sobre la eliminación de basuras en edificios elevados	Servicios de Salud
Código Sanitario	Faculta a los Servicios de Salud para trasladar industrias Peligrosas	Servicios de Salud
Decreto Supremo N° 685/92 del Ministerio de Relaciones Exteriores	Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos fronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación	Ministerio de Relaciones Exteriores
Decreto Supremo N° 298/94 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Reglamento de transporte de cargas peligrosas por calles y caminos	Ministerio de Defensa Nacional Ministerio de Minería Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones Carabineros de Chile Municipalidades
Ley N° 19.300	Bases Generales del Medio	Tribunales de Justicia

	Ambiente	
Ley N° 18.302	Seguridad Nuclear	Tribunales de Justicia Comisión Nacional de Energía

Fuente: [Mideplan98]

## Anexo 6 – Clasificación de agentes de la cadena de reciclaje

Los subgrupos de los agentes productores de RSU son:

### A6.1 Productores de residuos de papel

En este grupo se encuentran las imprentas y fábricas de papeles que, por no tener maquinaria para reciclar papeles, desechan tiras de papel falladas. Entre ellas se pueden nombrar a Papeles Bio - Bío S.A. y Papeles Concepción S.A.

### A6.2 Productores de residuos de plásticos

Las empresas que deben trabajar mecánicamente con plásticos generan muchos recortes y sobrantes que son dados como desechos de las líneas de producción. Estos son vendidos a las empresas recolectoras de plásticos. Entre estas empresas se pueden mencionar a Plásticos Burgos S.A., Plastigen S.A., Plásticos Tumani, Plásticos Malfalti S.A., Plásticos Warda S.A. y Plásticos Eroflex S.A.

Los subgrupos de los agentes recolectores de RSU son:

#### **A6.2.1 Recolección selectiva de cartón**

Los cartoneros, personas de escasos recursos, se dan a la tarea de revisar los contenedores de basura utilizados para la extracción de basura domiciliaria buscando todo tipo de cartones, los cuales van juntando y transportando en triciclos, carretas o camionetas para llevarlos, en el caso de Viña del Mar y Valparaíso, a un centro de acopio ubicado en el centro esta última normalmente de lunes a viernes a las 18:00 hrs., donde venden lo recolectado. Este proceso se repite todos los días hábiles.

Estas personas están organizadas y actúan sólo en sectores donde se ha concesionado el sistema de contenedores.

#### **A6.2.2 Recolección selectiva de envases Tetra Pak**

La fundación Un Techo para Chile a través de *stand* y contenedores propios ubicados en lugares estratégicos de importantes supermercados y *malls* de la Región Metropolitana, recolecta este tipo de envases donde las ganancias por su reciclaje son destinadas a las acciones que la fundación realiza a través del año.

#### **A6.2.3 Recolección selectiva de plásticos tipo PET**

La empresa Recipet S.A. impulsó un programa de reciclaje de botellas plásticas desechables en Julio del año 2002 en tres comunas de la Región Metropolitana, Lo Espejo, La Florida y La Pintana, junto con la fundación CENFA. Se recolectarían las botellas desechables en contenedores ubicados en los supermercados *Carrefour* de Quilín y los ubicados en los *malls* Plaza Tobalaba y Plaza Oeste. El tipo de material de estas botellas es el PET (Polietileno tereftalato). Las ganancias de esta medida irían a las arcas de la fundación mencionada. Dependiendo del éxito de la campaña, se extendería a otras comunas del gran Santiago.

#### **A6.2.4 Recolección de residuos sólidos domiciliarios**



Dentro de este tipo de residuos las empresas encargadas de la concesión del manejo y extracción de la basura domiciliaria utilizan dos sistemas: el tradicional con camiones de carga trasera y el de contenedores con camiones de carga frontal o lateral.

El primer sistema fija una frecuencia por ruta y en las horas permitidas para la función de aseo de la ciudad un camión de carga trasera recorre la ruta, ingresando al camión la basura dejada en bolsas o contenedores particulares que los habitantes depositan en las aceras minutos antes del paso del camión recolector de basura.

Para el segundo sistema, la empresa coloca a lo largo de la ciudad una cantidad suficiente de contenedores de gran capacidad para que los habitantes depositen, en el momento que deseen, la basura que generan en sus casas. Las rutas, según frecuencias de recolección definidas, son recorridas por camiones de carga lateral o frontal en los cuales se ingresa la basura acumulada en los contenedores, dejándolos vacíos.

Para los dos sistemas los camiones deben ser herméticos, utilizan compresores para poder transportar la mayor cantidad de desperdicios por viaje y una vez que llenan sus capacidades, trasladan su contenido a rellenos sanitarios, vertederos o plantas de transferencia, dependiendo de lo que esté en uso como disposición final en una ciudad específica.

Ecoservice S.A. y Cosemar S.A. son empresas que sólo entregan el servicio de extracción tradicional y por contenedor respectivamente. En cambio, Starco, Demarco y Ecoser S.A. entregan los dos tipos de servicios.

#### **A6.2.5 Recolección selectiva de vidrio**

Para la recolección de este material la fundación Coaniquem utiliza contenedores verdes en forma de cajón ubicados en las ciudades más importantes del centro del país, recolectando envases y botellas de vidrio. Por su parte CODEFF utiliza contenedores más pequeños pero numerosos que en el caso anterior, con forma de cono y de color azul, los que están distribuidos sólo en las ciudades de la V Región y de la Región Metropolitana, juntando en

ellos botellas y envases de vidrio. Esta última organización recupera alrededor de 500 toneladas mensuales.

Los subgrupos de los agentes recuperadores de residuos reciclables son:

#### **A6.3.1 Recuperación de latas de aluminio**

Latasa Chile S.A., antiguamente llamada *Reynolds*, es pionera en el reciclaje de latas de aluminio. La forma de comprar o canjear latas de bebidas, cervezas, etc. de aluminio es en lotes no inferiores a 5.000 unidades, más o menos 81 Kg., lo que equivale aproximadamente a 10 bolsas de basura grandes. A su vez, por capacidad de su flota, no realiza retiros domiciliarios de más de 520 Kg. La misma empresa hace los retiros sin cobro por ello desde puntos de recolección especificados en su programa (escuelas, instituciones públicas, etc.) o a través de visitas programadas solicitadas por recolectores al teléfono “Fonolatas” que posee la empresa (sólo en Santiago). El precio de compra de dicha empresa es de \$ 550 por kilogramo de material.

Esta compañía es la única productora de latas de aluminio en Chile que sustenta su propio programa de reciclaje. Este programa contempla la acumulación de latas de aluminio en colegios, instituciones y entidades de gobierno (municipalidades, gobernaciones, etc.) en la Región Metropolitana y en algunas de las ciudades grandes de Chile. Desde ahí son recolectadas por camiones de la empresa que con una frecuencia constante visitan dichos puntos. Además diseñaron el denominado “Programa Escuela”, el cual está orientado a colegios y escuelas de bajos recursos del país, donde recolectan latas a cambio de la entrega material académico u otros bienes necesarios para la educación. Más de 1.000 establecimientos se encuentran inscritos en dicho programa, que no tiene costo de inscripción y el retiro de las latas es responsabilidad de la empresa, no incurriendo en gasto la institución educacional.

Otras empresas del rubro son Eco Group S.A. y Comec S.A., las cuales compran a un nivel de precio muy similar al de Latasa Chile S.A.

#### **A6.3.2 Recuperación de materiales de construcciones y demoliciones**

Tanto al construir como al demoler se pueden encontrar materiales que se pueden reciclar, como piedras, arena, tablas y metales férreos. La recuperación de ellos proporciona una posibilidad de aumentar sus ingresos, ya sea por una disminución de costos o por ingresos de la venta de dichos insumos recuperados. La empresa Regemac S.A. realiza la actividad de recuperar materiales de la construcción en el país. Si estos no se pueden reciclar, son llevados a un vertedero en la comuna de Puente Alto.

### **A6.3.3 Recuperación de papel**

Para la recuperación del papel y cartón existen muchos intermediarios, de distintos tamaños, capacidad y formas de trabajar. Este es uno de los mercados más desarrollados en lo que se refiere a la recuperación de material reciclable. Dentro de todos ellos se destaca la Sociedad Recuperadora de Papel S.A. (SOREPA).

Sorepa S.A. es filial de Empresas CMPC S.A., tiene presencia en todo el país con centros de acopio en las ciudades más importantes, además de una red de agencias comerciales. Es líder en el mercado de recolección de papeles y cartones. Recupera papel de todos tipos con precios por kilogramo distintos por cada grupo, a saber: papel Blanco 1 a \$140; Blanco 2 a \$120; Blanco 3 a \$67; Mixto especial y revistas a \$45; Clasificado 1 a \$60; Clasificado 2 a \$20; Mixto 2 a \$67; Kraft y cartón corrugado a \$50; Duplex a \$30; diario a \$25; esquineros, cementeros, bandejas y ceresinado a \$5. El retiro de los materiales, en cualquier parte de Chile, es gratuito. A diferencia de las demás empresas del rubro, ésta no tiene un nivel mínimo de material requerido para hacer la compra, aceptando cualquier volumen de material mientras su capacidad de manejo lo permita.

El nivel de recuperación que tuvo esta empresa en el año 2002 fue de 389.726 toneladas de papel/cartón, distribuidas como se presenta en la tabla 7.1.

**Tabla A6.1** - Recuperación media de papel/cartón realizada por Sorepa S.A. en el año 2002.

Tipo de papel	Ton/Año
Blancos	93.005
Cartón corrugado	192.968
Diario	29.932
Duplex	13.655
Otros	60.166
<b>Total</b>	<b>389.726</b>

Fuente: [Cerde03].

La industria paga en promedio por los productos más comercializados, es decir, por papel tipo 2, papel de diario y cartones 120, 25 y 50 pesos por kilogramo respectivamente.

Otras empresas del rubro son Irene Hernández e Hijos Ltda., Reciclados Rosita, Reciclados Industriales S.A. y Recupac S.A.

#### **A6.3.4 Recuperación de plásticos**

Aunque la recuperación de plásticos está recién comenzando en nuestro país y no alcanza los niveles del papel o latas de aluminio, es un mercado que está creciendo y se proyecta a futuro. Los tipos de plásticos que más se recuperan son el polietileno de baja y alta densidad. Dentro de esta industria se destaca la comercializadora Poliplas Ltda.

Poliplas Ltda. es una empresa que se dedica a la comercialización y reciclaje de termoplásticos, tales como PEAD, PEBD, PP, PVC, PS y otros. Compra excedentes o rechazos de las líneas de producción de las grandes empresas que utilizan materiales de polietileno. Lo hace en lotes de no menos de 500 Kg. y los precios que paga por el polietileno de baja y alta densidad fluctúan entre los \$100 y \$160 pesos por kilogramo respectivamente, mientras que para el polipropileno el rango varía entre \$40 y \$160 por Kg.

Dicha empresa recibe el material recuperado, lo muele y lo hace pasar por máquinas que forman *pellets*, pequeñas pelotitas de material, polipropileno o polietileno dependiendo del caso, el cual es el que se vende como materia prima a las empresas productoras de artículos e insumos de plástico.

Los valores de esta industria para los productos más comercializados, es decir, PEBD y PEAD fluctúan entre \$70 a \$140 por kilogramo, con un promedio cercano a \$100 por Kg. La gran mayoría de las empresas exige un nivel mínimo de 500 Kg. para comprar el material y éste debe ser trasladado a la fábrica por los ofertantes que, previamente, enviaron una muestra a las empresas para clasificar el material.

Otras empresas del rubro son Plasvimac S.A., Rama S.A., Recplast Ltda., Recicladros Rosita, Bioplastic Ltda., Plasenco Ltda., entre otras.

Los subgrupos de los agentes recicladores son:

#### **A6.4.1 Reciclaje de envases Tetra Pak**

Tetra Pak Chile S.A., la misma empresa que produce dichos envases, recicla el material de los envases usados que son recolectados por la fundación Un Techo para Chile.

#### **A6.4.2 Reciclaje de latas de aluminio**

Respecto a la recuperación de latas de este material en Chile, se puede decir que cada año se incrementa el nivel de toneladas recolectadas, lo que auguria un buen futuro para dicha industria. La tabla 7.2 muestra la cantidad de este material reciclado en los años 1999, 2000 y 2001.

**Tabla A6.2** - Reciclado de latas de aluminio en Chile entre los años 1999 y 2001.

<b>Año</b>	1999	2000	2001
<b>Toneladas recicladas</b>	768	1.238	1.562

Fuente: [CONAMA02].

Como se mencionó en el punto anterior, Latasa Chile S.A. es la única empresa productora de aluminio que maneja su campaña propia de recolección de dicho material, por lo que esta empresa es una de las que trabaja con aluminio secundario, es decir, reciclado.

#### A6.4.3 Reciclaje de papel

La industria de reciclado de papel y cartón en Chile se ha desarrollado por sobre sus similares al punto de importar 48.785 toneladas de papel recuperado para reciclarlo en nuestro país durante el año 2002. La recolección de papel y cartón en Chile ha ido en aumento durante los últimos años, propiciando un mercado interesante para el futuro cercano. Esto se muestra en la tabla 7.3.

**Tabla A6.3** - Reciclado de papel/cartón en Chile entre los años 1999 y 2001.

Año	1999	2000	2001
Toneladas recicladas	190.014	228.405	377.985

Fuente: [CONAMA02].

Dentro de las empresas que utilizan material recuperado se destacan las Empresas CMPC S.A.

Empresas CMPC S.A es un *holding* que lo componen compañías ligadas a la realización de papel. Entre ellas están la Forestal Mininco, Productos Austral, Sorepa S.A y otras. Desde hace un tiempo que este *holding* se impuso la meta de reciclar la mayor cantidad de papel para así bajar costos y niveles de desperdicios arrojados al ambiente en vertederos, aprovechando de mejor forma los recursos naturales del país. Es por esto que se integró verticalmente con la empresa Sorepa S.A. para que cayera en ella la responsabilidad de

recolectar y separar los materiales para ser reciclados. Empresas CMPC S.A. ha incrementado fuertemente su capacidad de reciclado en sus distintas plantas con tecnología de punta.

Empresas CMPC S.A. tiene un total en Chile de 6 plantas de producción de papel, éstas se detallan en la tabla A6.4.

**Tabla A6.4** - Plantas de producción de papel de Empresas CMPC S.A.

Planta	Región	Prod. Anual (miles de ton.)	Tipo de Papel
Puente Alto	RM	245	Impresión, escritura, para envolver, embalaje, tissue y para corrugar
Talagante	RM	33	Tissue
Maule	VII	180	Cartulinas, para corrugar y para construcción
Laja	VII	80	Impresión, escritura y embalaje
Nacimiento	VIII	198	Para periódico
Valdivia	X	40	Cartulinas, para corrugar y para construcción

Fuente: [Papernet03]

En la planta de Talagante, donde se fabrican productos de marcas como Elite, Confort y Abolengo, desde el año 2002 la gama de productos que utilizan fibras recicladas se amplió para disminuir así los costos que provenían de trabajar con celulosa y tratados.

A su vez, en la planta de Puente Alto existe una moderna máquina papelera, con una capacidad inicial de 150.000 toneladas anuales de papeles para embalaje fabricados en base a papeles reciclados. La máquina papelera utilizada es la *MiniMill MP20*, marca *Voith* y permite la recuperación de 160.000 toneladas anuales de fibra secundaria.

Otra empresa que usa material recuperado como materia prima es la Fábrica de Papeles Carrascal S.A., la cual produce papeles para corrugar.

#### **A6.4.4 Reciclaje de plásticos**

Actualmente existen dos empresas que utilizan materiales recuperados para sus procesos productivos, estas son: Plásticos Hoffens S.A. y Bioplastic Ltda. La primera crea artículos de plásticos en líneas como presión, riego, sanitarios, entre otras; mientras que la segunda ocupa el material recuperado para producir bolsas de basura.

#### **A6.4.5 Reciclaje de residuos orgánicos**

Dentro de esta industria, la empresa Armony S.A. se destaca por la antigüedad y la capacidad productiva que posee en este rubro.

Armony S.A., con basta experiencia en el campo del compostaje, tiene una planta de creación de *humus* en Pudahuel, la cual posee una capacidad instalada (personal, máquinas y terrenos) para atender diariamente 1.000 toneladas de residuos orgánicos. El espacio usado es de 13 hectáreas y los residuos se reciben las 24 horas del día. La empresa no sólo trabaja con municipalidades sino también con empresas privadas que mandan sus lodos industriales producto del tratamiento de sus RILES. Maneja aproximadamente al año 100.000 toneladas de residuos orgánicos. Los ingresos que recibe provienen en un 70 % de la recepción de materia y el 30 % restante de la comercialización de su producto.



Armony S.A. también da el servicio de compostaje en terreno ya que en algunos casos es tan grande el nivel de desechos que transportarlos sale demasiado costoso. Este servicio es ampliamente utilizado por viñas y predios agrícolas de gran dimensión.

Además de esta empresa existen otras que, aunque ostentan menores capacidades productivas, son de importancia para la industria. Estas son Ecoglobal S.A.; Planta de Compostaje Águila Norte, que utiliza el material separado *in situ* en la comuna de Paine; Agroindustrial Pullihue Ltda., que usa el material orgánico enviado por municipalidades y los lodos industriales de las empresas alimenticias, entre otras.

#### A6.4.6 Reciclaje de vidrio

En Chile existen sólo dos grandes empresas cristalerías, Cristalerías de Chile y Cristalerías Toro S.A., ambas ubicadas en Santiago. Éstas compran vidrio recuperado por instituciones, empresas o particulares. Principalmente sus proveedores son las instituciones Coaniquem y CODEFF, respectivamente. Al igual que las latas de aluminio y el papel y cartón, el vidrio ha tenido una tendencia creciente en lo que se refiere a nivel de recuperación. Esto se aprecia en la tabla A6.5.

**Tabla A6.5** - Reciclado de vidrio en Chile entre los años 1999 y 2001.

Año	1999	2000	2001
<b>Toneladas recicladas</b>	8.660	11.145	16.498

Fuente: [CONAMA02].

Cristalerías Toro S.A. compra lotes de vidrio de un peso mínimo de 1000 kilogramos, separados por color y deben ser llevados hasta la fábrica. La empresa paga \$26 pesos por kilogramo de vidrio recolectado.

Por su parte, Cristalerías de Chile S.A. en el 2002, del total de vidrio utilizado para la fabricación de sus productos (239.000 toneladas), un 35 % de ellos fue con vidrio reciclado, es decir, aproximadamente 83.650 toneladas.

## Anexo 7 – Agentes de la cadena de reciclaje en Chile.

Algunos de los agentes más importantes en la cadena de reciclaje actual en Chile son los siguientes:

### Vidrio

Cristalerías Toro: La empresa se encuentra en Dagoberto Godoy 145, Cerrillos, Santiago. Ella fabrica botellas y utiliza material reciclado. Esta compañía está asociada con la organización CODEFF en la campaña de reciclaje de vidrio.

Cristalerías de Chile S.A.: La empresa esta ubicada en Camino a Valparaíso N° 501, Padre Hurtado, Santiago. Esta compañía fabrica botellas y en sus procesos ocupa material reciclado que llega a la fábrica gracias a una campaña conjunta entre la empresa y Coaniquem.

### Papel y cartón

Irene Hernández e Hijos Ltda.: Esta empresa se ubica en Las Cañas 2021, Independencia, Santiago, y recupera papel tipo 2 (definición de cada papel se encuentra en el anexo 2), papel de diario y cartones.

Reciclados Rosita: Su fábrica está en el sector Lampa, Santiago y al igual que en el caso anterior recupera papel tipo 2, papel de diario y cartones, además de plásticos.

Reciclados Industriales S.A. y Recupac S.A.: Estas dos empresas son del mismo rubro pero de menor dimensión y capacidad y trabajan sólo en el área metropolitana.

SOREPA S.A.: Esta es una filial de Empresas CMPC S.A. que tiene presencia en todo el país, con centros de acopio en las ciudades más importantes, además de una red de agencias comerciales. Recupera todo tipo de papeles.

Las empresas que fabrican papeles en Chile son:

Empresas CMPC S.A.: Estas empresas son un *holding* que lo componen compañías ligadas a la realización de papel. Entre ellas están la Forestal Mininco, Productos Austral, SOREPA S.A. entre otras. Es una empresa que fabrica papel de todos los tipos a lo largo de sus 6 plantas en Chile y tiene una capacidad de producción total de 776.000 toneladas al año.

Papeles Bio Bío S.A.: Esta empresa fabrica papel de diario y otros papeles de pulpa mecanizada (papel base de revestimientos murales por ejemplo). Su dirección es Pedro Aguirre Cerda n° 1054, Concepción. Su nivel de producción es de 105.000 toneladas anuales.

Papelera Concepción S.A.: La fabricación de papel de diario es la especialidad de esta empresa que se ubica en Coronel (VIII Región). La capacidad de producción anual de papel que tiene es de 40 mil toneladas.

Fábrica de papeles Carrascal S.A.: la dirección de esta empresa productora de papeles para corrugar es Avenida Carrascal 5130 - 5150, Quinta normal, Región Metropolitana. Su nivel de producción es de 42.000 toneladas anuales de papel para corrugar. Esta empresa usa papel y cartones recuperados como materia prima.

Compañía Papelera del Pacífico S.A.: Se ubica en San Francisco de Mostazal (VI Región). Su especialidad es la producción de papel para corrugar y tiene una capacidad productiva de 43.000 toneladas anuales.

Papeles Industriales S.A.: Esta se encuentra en Lampa, Región Metropolitana. Produce papeles *tissue* y para envolver. Tiene una capacidad de producción al año de 40.000 toneladas.

<b>Plásticos</b>
------------------

Plaserco Ltda.: Esta industria se ubica en Av. Portales 2448, Santiago. Compra plásticos para reciclar.

Bioplastic Ltda.: Ubicada en Santa Rosa 3021, San Miguel, Santiago, esta empresa recupera polietileno de baja y alta densidad desde grandes empresas, o sea, compra los excedentes o fallas de las líneas de producción. Luego de obtener el material recuperado, la empresa lo ingresa como materia prima y fabrica bolsas de basura.

Recicladros Rosita: Como se mencionó en el inciso de Papeles y Cartones, esta empresa también recicla plásticos.

Comercializadora Poliplas Ltda.: Se encuentra en Las Cañas 2021, Independencia, Santiago y es otra empresa del rubro que se dedica a la comercialización y reciclaje de termoplásticos, tales como PEAD, PEBD, PP, PVC, PS y otros. Esta compañía recibe el material recuperado, lo muele y lo pasa por máquinas que forman el *pellets*, pequeñas pelotitas de material, polipropileno o polietileno dependiendo del caso, el cual es el que se le vende como materia prima a las empresas productoras de artículos e insumos de plástico.

Plasvimac S.A.: Recuperadora de plásticos que está en Av. Vicuña Mackenna 4515, San Joaquín, Santiago.

Rama S.A.: Su dirección es Carlos Valdovinos 555, San Joaquín, Santiago. Como las anteriores recupera plásticos, especialmente polietilenos de baja y alta densidad.

Recipet S.A.: Esta empresa tiene un programa de reciclaje de botellas plásticos desechables en la Región Metropolitana junto con la fundación CENFA (Centro de la Familia). El material de estas botellas es el PET (Polietileno Tereftalato).

Algunas de las empresas productoras de insumos plásticos de la zona central del país son las siguientes:

Plastiservi Ltda.: Esta empresa pertenece a los mismos dueños que la empresa Bioplastic Ltda. mencionada anteriormente, pero la diferencia entre ellas es que ésta fabrica bolsas de basura con materia prima virgen. Su dirección es Salesianos 725, San Miguel, Santiago.

Plásticos Burgos S.A.: Ubicada en Las Dalias 3180, Macul, Santiago, es una de las grandes empresas productoras de envases de plásticos para diferentes rubros (alimentos, farmacéuticos, detergentes, etc.).

Plásticos Hoffens S.A.: Con su fábrica ubicada en María Auxiliadora 774 - 776 - 778, Santiago, esta empresa fabrica artículos de plásticos en líneas como presión, riego, sanitarios, entre otras. Para su manufactura compra material recuperado a Comercializadora Poliplas Ltda.

Plásticos Eroflex S.A.: Empresa que produce diversos insumos plásticos como cintas de señalización, bolsas para uvas, cubrimientos para *pallets*, entre otras. Su dirección es Pedro Mira n° 443, Santiago.

Plásticos Warda S.A.: Ubicada en calle Limache 3061, El Salto, Viña del Mar, esta fábrica hace diferentes productos como envases, vasos, bolsas, etc.

Plásticos Roloplast Ltda.: Empresa que se encarga de la producción de bombillas para bebidas, triángulos reflectantes y otros artículos de plásticos. Su dirección es Av. México 779, Recoleta, Santiago.

Plásticos Módena: Esta empresa tiene su fábrica en Las Garzas 870, Lo Etchevers, Quilicura, Santiago y produce insumos de plásticos (tapas y boquetes) para empresas como Hellmans, Codelco, Ariztía, Sopraval, entre otros.

Plásticos Malfalti S.A.: empresa del rubro de las bolsas y mangas. Su fábrica se ubica en El Juncal 061, Quilicura, Santiago.

Plastigen S.A.: se encuentra en Av. Vicuña Mackenna 247, Santiago. Produce artículos de plásticos y contenedores.

Plastisol S.A.: ésta tiene su casa matriz en Arturo Prat 2910, Santiago y se especializa en productos como mangas de PVC flexibles, envases de ceras y productos alimenticios, entre otros.

Plastyberg Ltda.: en Lo Sierra 03450, Lo Espejo, Santiago se encuentra la fábrica de esta empresa que principalmente produce film paletizador. Con las últimas inversiones han llegado a una producción mensual de 850 toneladas.

#### **Latas de aluminio**

Latasa Chile S.A.: esta empresa, antiguamente llamada Reynolds, es pionera en el reciclaje de latas de aluminio. Su planta se ubica en Av. El Parrón 120, La Cisterna, Santiago. Mantiene su propia campaña de reciclaje.

Eco Group S.A.: Esta empresa recupera latas de aluminio y se ubica en Panamericana Norte 1475, Bodega C-1, Independencia, Santiago.

Comec S.A.: Empresa del mismo rubro que tiene dirección Chañarcillo n° 1141, Maipú, Santiago.

#### **Envases Tetra Pak**

Tetra Pak de Chile S.A.: la misma empresa que produce dichos envases se encarga de recuperar parte de éstos a través de una campaña en conjunto con la fundación Un Techo para Chile, en el cual, en algunos puntos estratégicos de la capital se encuentran *stand* o contenedores de esta última institución, donde se recolectan estos envases para ser enviados a la empresa que los crea, es decir, Tetra Pak de Chile S.A.

<b>Residuos orgánicos</b>
---------------------------

Armony S.A.: Esta empresa con basta experiencia en el campo del compostaje tiene una planta de creación de *humus* en Pudahuel, la cual tiene una capacidad instalada contando personal, máquinas y terrenos para atender diariamente 1000 toneladas de residuos orgánicos.

Ecoglobal S.A.: Empresa que se dedica al compostaje de material orgánico que se encuentra en Santiago.

Planta de Compostaje Águila Norte: Esta planta se encuentra en la comuna de Paine, Región Metropolitana y composta los residuos separados *in situ* por la comunidad y agricultores. El *humus* creado es repartido en la comuna o simplemente vendido.

Agroindustrial Pullihue Ltda.: esta empresa se encarga de reciclar material orgánico y materiales de construcciones y demoliciones. Su planta de compostaje se encuentra en la comuna de Peñalolén, Región Metropolitana y tiene una capacidad de producción de 24.000 toneladas al año de *compost*.

<b>Materiales de la construcción</b>
--------------------------------------

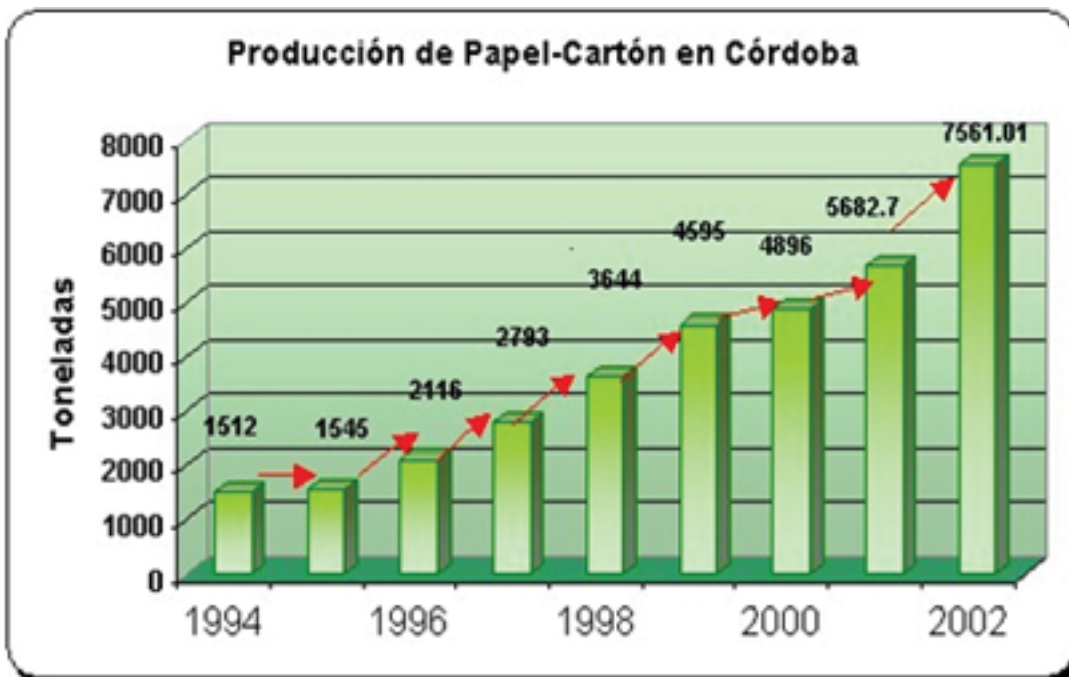
Regemac S.A.: Esta empresa localizada en Av. Providencia 1998, oficina 302, Providencia, Santiago se encarga de recuperar materiales de la construcción. Si estos no se pueden reciclar, son llevados a un vertedero en la comuna de Puente Alto.

## Anexo 8 – Gráficos de resultados de la experiencia de recuperación en Córdoba España.

Gráfica de las toneladas recuperadas de vidrio en recogidas selectivas



Gráfica de las toneladas recuperadas de papel y cartón en recogidas selectivas

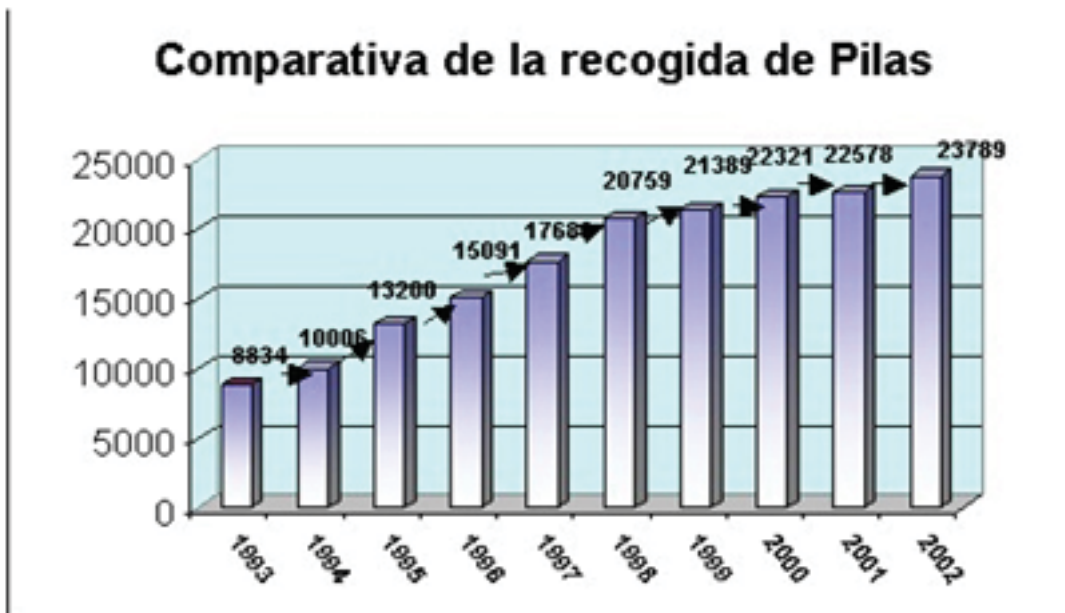




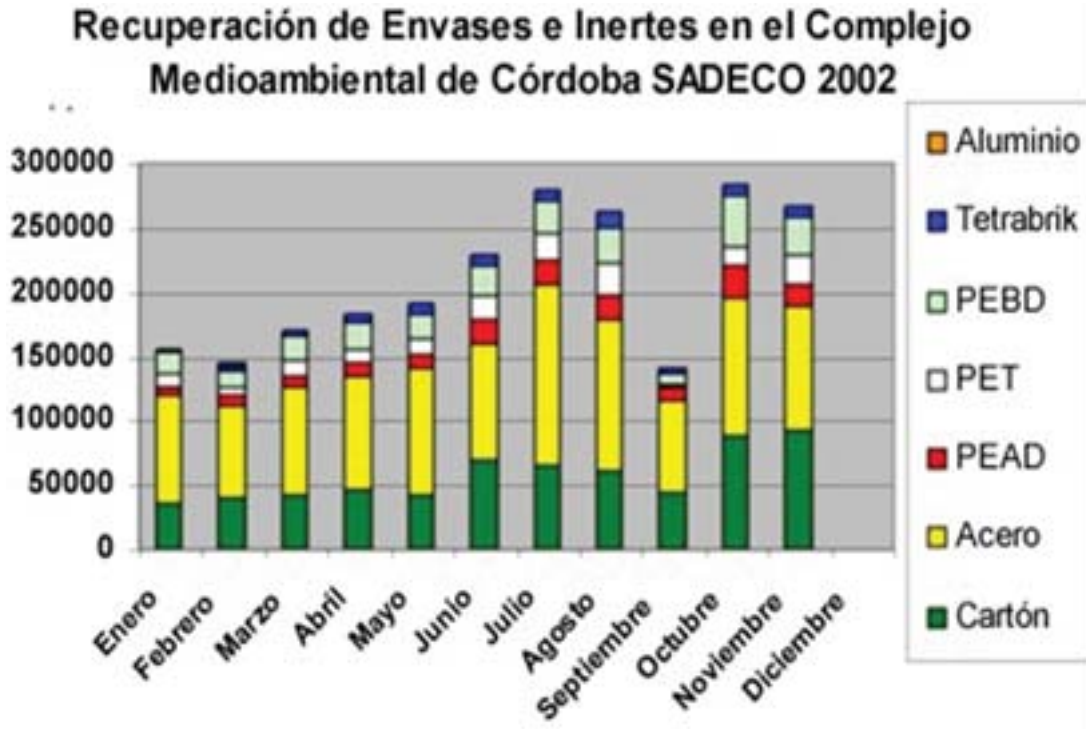
Gráfica de toneladas recuperadas de pilas en recogidas selectivas



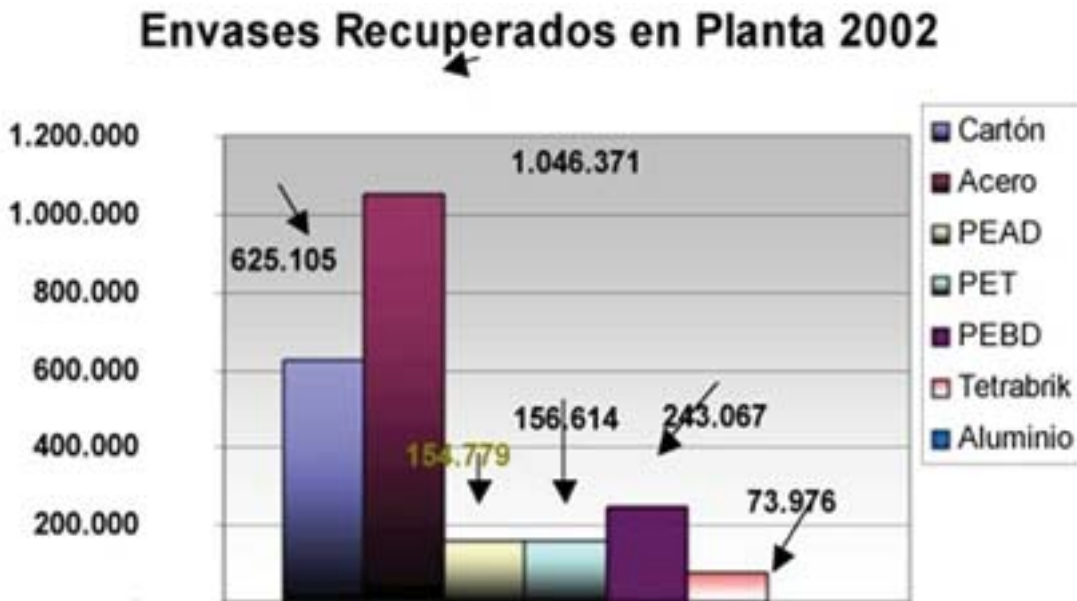
Gráfica de toneladas recuperadas de residuos voluminosos en recogida selectiva



Gráfica de toneladas recuperadas de envases en el año 2002 en planta de transferencia



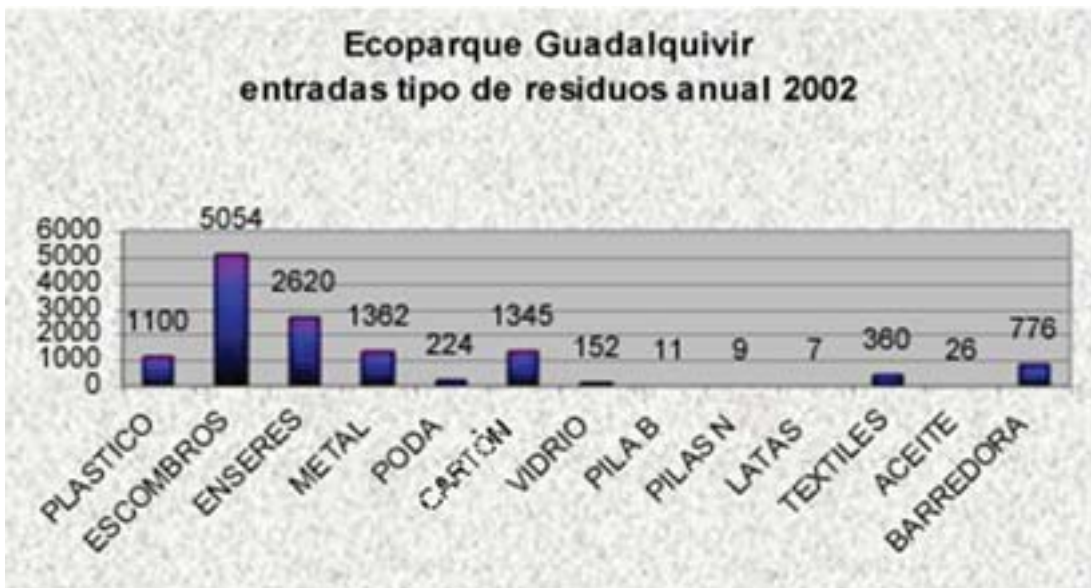
Gráfica de toneladas recuperadas de materiales en el año 2002 en planta de transferencia



Gráfica de toneladas recuperadas en Ecoparque Axerquía en el año 2002



Gráfica de toneladas recuperadas en Ecoparque Guadalquivir en el año 2002



## Anexo 9 - Resultados de encuestas

**Manejo de RSD peligrosos:** esta encuesta, inmersa en el taller de estadística con título "Manejo de los residuos peligrosos en los hogares de la comuna de Viña del Mar" y realizada por Patricia Pérez Muñoz y Danitza Pizarro Peña, constaba de varias preguntas respecto a la definición de residuos peligrosos, determinación de ellos y las formas de recogida preferidas por la población. En este último punto, la encuesta tuvo una pregunta específica que es de utilidad para nuestro estudio, la cual era "¿en el caso de implantarse un sistema de recogida especial, qué método de los que se nombran a continuación preferiría para eliminar sus residuos peligrosos?"[Perez99] y las alternativas eran "Acumular en su casa los residuos para su posterior recogida; Llevar sus residuos a un punto especial de recogida; Otros"[Perez99]. Como se ve, es una pregunta donde analizan la disposición de la gente para separar tipos de materiales dentro de los desperdicios que ellas mismas crean de modo de optimizar el manejo de los RSU de la zona.

Para este taller se encuestó a 102 dueñas de casa y, aunque los resultados no tienen fundamento estadístico por la poca cantidad de opiniones recolectadas, si dan una idea básica del comportamiento de la población de la comuna de Viña del Mar ya que esta encuesta fue del tipo estratificada, es decir, se dividió a la población en estrato alto, medio y bajo, y luego se entrevistó a un número de personas por estrato tal de mantener las proporciones de la población de la comuna. Los resultados se muestran en las tablas siguientes.

**Tabla A9.1** - Resultado de encuesta de residuos peligrosos domiciliarios

<b>Estrato Social</b>	<b>nº encuestados</b>	<b>% encuestados</b>	<b>Acumular en casa</b>	<b>Llevar a punto de recolección</b>	<b>Otros</b>
<b>Bajo</b>	30	29,41	19	11	0
<b>Medio</b>	58	56,86	28	27	3
<b>Alto</b>	14	13,73	11	3	0

<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>100</b>	<b>58</b>	<b>41</b>	<b>3</b>
--------------	------------	------------	-----------	-----------	----------

Fuente: [Perez99]

**Tabla A9.2** - Resultados en porcentaje por estrato

	<b>Estrato bajo</b>	<b>Estrato medio</b>	<b>Estrato alto</b>
<b>Acumular en casa</b>	63,3	48,28	78,57
<b>Llevar a punto de recolección</b>	37,7	46,55	21,43
<b>Otro</b>	0	5,17	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

Como la encuesta se realizó en 1999, los datos sobre la composición de la población de Viña del Mar por estrato social fue obtenida desde los datos del censo del año 1992, por lo que no coinciden con los registrados en este trabajo, que fueron recopilados de la información del censo del año 2002. Sin embargo, la composición no cambia considerablemente ya que mantiene el orden de importancia de los estratos, lo cual se calcula por la cantidad de población de cada uno de ellos y los resultados de la encuesta pueden considerarse válidos.

De los resultados de esta encuesta se puede decir que las personas de todos los estratos prefieren acumular separadamente los residuos peligrosos domiciliarios en sus hogares para ser retirados de forma diferenciada del resto de los desechos.

**Manejo de RSU en edificios de Viña del Mar:** este estudio se realizó como base para la tesis "Diagnóstico y propuesta del manejo intraedificacional de residuos sólidos. Caso Viña

del Mar" de la alumna Carolina Schwartzmann de Ingeniería Civil en Construcción de la PUCV. La encuesta abordaba el tema de analizar las instalaciones para el manejo de basura en los edificios de la zona para ver si cumplían las normas establecidas en la ley nacional (Resolución 7328) y proponer formas de mejoramiento y supervisión de este tema.

Para la realización de la encuesta se estratificó a los edificios de la comuna en tres clases: alto, medio y bajo. Identificado el universo a estudiar y el estrato para el cual pertenece cada edificio, procedió con un muestreo aleatorio simple para definir los edificios a encuestar. Para el caso del estrato socioeconómico alto de 125 instalaciones se encuestaron 27; para los de la clase media, de un total de 60 se estudiaron 24; y para el estrato bajo de un total de 60 edificios, se llevó a cabo la encuesta en 24 de ellos. En resumen, de un total de 245 instalaciones se encuestaron 75, teniendo dicha encuesta una fuerte base estadística. La composición respecto a estrato social de los edificios de la comuna se presenta en la figura A9.1.

Figura A9.1 - Porcentajes de edificios por estrato socioeconómico

### Edificios por estrato socioeconómico

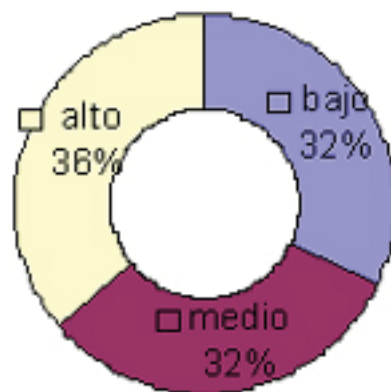


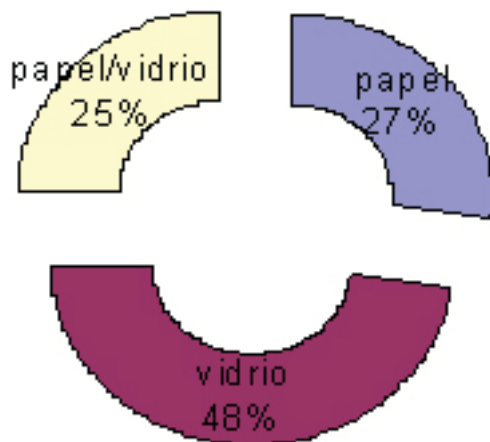
Figura A9.1 - Porcentajes de edificios por estrato socioeconómico

Para el presente estudio esta encuesta sirve por dos motivos: se preguntó en ella sobre la separación de vidrio y papel del resto de los RSU; y la forma de actuar de la mayoría de los edificios de Viña del Mar respecto a la recolección de la basura de sus habitantes abre la posibilidad de separar *in situ* los desechos sin un alto grado de complejidad ni molestias para las personas de los departamentos.

El primer aspecto de importancia es la pregunta "En cámara de acumulación, ¿hay almacenamiento de papel, plástico, vidrio?"[Schwartzmann02]. Con los resultados de ella se comprueba la posibilidad real de que las personas realicen al menos una separación básica de sus desechos, debido a que más de un 80 % de todos los edificios con factibilidad de separar materiales (estrato alto y medio) tienen alguna forma de acumulación de materiales separados para ser reciclados, como cartón o vidrio. Los porcentajes de ello se muestran en la figura A9.2.

Figura A9.2 - Porcentaje de edificios que acumulan materiales separados

## **Materiales separados en el total de edificios encuestados**



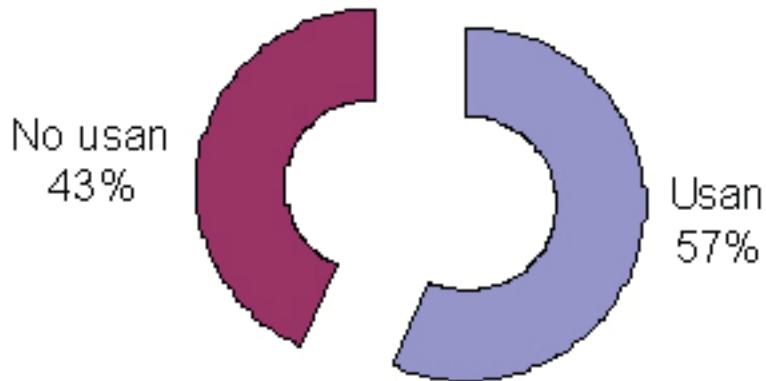
Como se puede analizar, toda la gente que vive en edificios del estrato alto como del medio separan de sus desechos los materiales con mayor valor como el cartón y el vidrio, mientras que los del estrato bajo no lo hacen (o sólo una pequeña parte) ya que, por lo general, los edificios del estrato bajo no superan los cuatro pisos y, por ordenanza municipal, en ellos no es obligación que existan medios de eliminación o extracción de basura centralizada, por lo que los habitantes de estos edificios deben llevar sus residuos hasta los contenedores públicos (aceras) o privados (del propio edificio), lo que no incentiva a realizar una separación de sus desperdicios.

El segundo aspecto de importancia es que, como se explicó anteriormente, los edificios del estrato socioeconómico bajo no sobrepasan los cuatro pisos, por lo que no están obligados a tener conductos centralizados de eliminación de basura. Sin embargo, los de los otros dos estratos sí, y para ello cuentan con conductos verticales con acceso en cada piso o entrepiso, de modo que las personas abren una compuerta o buzón y depositan su basura en él. El conducto llevará a los desechos hasta receptáculos u otros mecanismos de almacenamiento como compactadores. Por la facilidad de eliminación de los RSU es fácil plantear una forma de separación *in situ* en los edificios mencionados debido a que sólo deben ponerse de acuerdo en los días y horas en que se debe echar un tipo de material por los conductos recolectores de basura y la separación de todo el edificio se hará sin un gran esfuerzo de sus habitantes. Los edificios, al usar receptáculos, pueden clasificar en ellos sus desechos (receptáculo para vidrio, receptáculo para orgánicos, etc.) y entregarlos a los servicios de recogida de RSU con facilidad. La figura A9.3 muestra el porcentaje de los edificios que utilizan receptáculos para el almacenamiento de los desperdicios producidos.

**Figura A9.3** - Porcentaje de edificios del total encuestado que usan receptáculos.



## Porcentaje de edificios que usan receptáculos para almacenar RSU



Del gráfico se analiza que sólo es un 57 % del total porque la gran mayoría de los edificios del estrato bajo, por las razones mencionadas anteriormente, no tienen receptáculos ya que es responsabilidad individual de los habitantes la eliminación de su basura.

## Anexo 10 - Cálculo capacidad productiva

### Cálculo Tabla 11.1

Basándonos en el Estudio de Mercado se analizó la cantidad de residuos reciclables que se generan en la zona, lo que se presenta en la tabla A10.1 y la estimación de demanda satisfecha que tendrá la planta, lo que se muestra en la tabla A10.2.

**Tabla A10.1** - Generación de residuos importantes para la planta

Año	Aluminio [ton/año]	Papel [ton/año]	Plástico [ton/año]	Vidrio [ton/año]	M.O. [ton/año]	Total reciclables [ton/año]	Total basura [ton/año]
2004	597	16.807	7.602	2.611	78.233	105.850	120.925
2005	610	17.177	7.769	2.668	79.951	108.175	123.580
2006	621	17.500	7.915	2.718	81.458	110.212	125.910
2007	635	17.880	8.087	2.777	83.227	112.606	128.644
2008	647	18.214	8.238	2.829	84.782	114.710	131.047
2009	661	18.605	8.415	2.890	86.603	117.174	133.862
2010	673	18.949	8.571	2.944	88.206	119.343	136.340
2011	687	19.352	8.753	3.006	90.080	121.878	139.237
2012	702	19.761	8.938	3.070	91.984	124.455	142.179
2013	716	20.159	9.118	3.131	93.833	126.957	145.037
2014	730	20.564	9.301	3.194	95.719	129.508	147.953
2015	745	20.977	9.488	3.259	97.642	132.111	150.926
2016	760	21.399	9.679	3.324	99.605	134.767	153.960
2017	775	21.829	9.873	3.391	101.608	137.476	157.055
2018	791	22.284	10.079	3.462	103.725	140.341	160.385

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A10.2** - Estimación de demanda satisfecha por la Planta

Año	Aluminio [ton/año]	Papel [ton/año]	Plástico [ton/año]	Vidrio [ton/año]	M.O. [ton/año]	Total separado [ton/año]	% total material separado
2004	328,19	1.058	59	1.567	5.600	8.612	7,12
2005	335,45	1.080	163	1.601	5.600	8.779	7,10
2006	341,72	1.188	184	1.631	5.600	8.945	7,10
2007	349,14	1.306	283	1.666	5.600	9.204	7,15
2008	355,74	1.437	341	1.697	5.600	9.431	7,20
2009	363,33	1.494	525	1.734	5.600	9.716	7,26
2010	370,10	1.554	410	1.766	5.600	9.700	7,11
2011	377,85	1.616	471	1.804	5.600	9.868	7,09
2012	385,94	1.681	529	1.842	5.600	10.038	7,06
2013	393,69	1.748	582	1.879	5.600	10.202	7,03
2014	401,61	1.818	632	1.916	5.600	10.368	7,01
2015	409,70	1.891	678	1.955	5.600	10.534	6,98
2016	417,95	1.967	719	1.994	5.600	10.698	6,95
2017	426,36	2.045	755	2.035	5.600	10.861	6,92
2018	435,05	2.127	787	2.077	5.600	11.026	6,87

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo tabla 11.2

Como la concentración de materia orgánica en la basura generada en un día es de 64,7 % del total, se determinó cuánto entra de cada grupo en un día a la planta y luego, usando la composición en seco de los RSU, la cantidad de cada material factible de reciclar clasificado como inorgánico. Esto último se muestra en la tabla A10.3.

**Tabla A10.3** - Composición del grupo inorgánico

	Aluminio [ton]	Papel [ton]	Plástico [ton]	Vidrio [ton]	Cantidad total inorgánico [ton]
Cantidad	586	16.493	7.460	2.562	41.894
Porcentaje respecto del total	1,40	39,37	17,81	6,12	64,7

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo tabla 11.3

Para obtener las horas *peaks* de llegada de camiones recolectores a disposición final se usó tablas dinámicas para lograr, de un modo más fácil, manejar la base de datos de Cosemar S.A. Además, para analizar la entrada a vertedero de los camiones municipales se consultaron datos sobre ello al Director de Aseo de la I. Municipalidad de Viña del Mar y al encargado de operaciones del vertedero “Lajarilla”. Este último informó que "...el vertedero trabaja en dos turnos. El de día va desde las 07:00 hrs a las 19:00 hrs y tiene una concurrencia de camiones de 43 como promedio, mientras que el de noche va desde las 19:00 hrs hasta las 07:00 hrs y llegan en él 23 camiones. Dentro del turno de día entre las 08:00 y las 12:00 hrs llegan en promedio 5 camiones, entre las 12:00 hrs y las 15:00 hrs lo hacen 30, mientras que entre las 15:00 hrs y las 19:00 hrs entran 8 camiones recolectores..."[MemoriaAseo02]. Es importante señalar que al vertedero “Lajarilla” no sólo llegan los camiones que extraen la basura de Viña del Mar sino que también lo hacen los que realizan el mismo servicio en Concón, además de algunos servicios especiales que

deben retirar grandes cantidades de desechos como son las limpiezas de ferias libres, residuos industriales asimilables a RSD, etc.

Por su parte Javier Yáñez, Director de Aseo de la municipalidad informó que "...la sección de Aseo trabaja en dos turnos que se extienden desde las 07:00 hrs hasta las 15:00 hrs, turno de día, y desde las 22:00 hrs hasta las 07:00 hrs, turno de noche. En el primero de ellos llegan 24 camiones recolectores a vertedero mientras que en el segundo lo hacen 9..."[Yáñez03]. Como no se tenía información histórica sobre la hora de llegada a disposición final de los camiones municipales, se decidió distribuir uniformemente la llegada de camiones recolectores a lo largo del día excepto en horas en que, según la información de la empresa CAM, la llegada de camiones es más probable.

Para el caso de Cosemar S.A. se decidió usar el promedio de llegada de camiones por período de hora, donde el período 0 es la hora que comprende desde las 00:00 hrs a las 00:59 hrs, el período 1 es el que comprende desde la 01:00 hrs a la 01:59 hrs, y así sucesivamente. Para esto se ocuparon tablas dinámicas. Los resultados se ven en la tabla A10.4, donde la fila "vacíos" indica los viajes de camiones que aparecían en la base de datos sin la información sobre la hora de entrada al vertedero.

**Tabla A10.4** - Determinación de llegada de camiones por hora a disposición final

Periodo	Cosemar	Municipalidad	Cantidad por hora
0	0,031	1	1,031
1	0,050	2	2,050
2	0,822	2	2,822

3	1,458	1	2,458
4	0,703	1	1,703
5	1,132	1	2,132
6	1,013	1	2,013
7	0,918	1	1,918
8	0,847	1	1,847
9	0,241	1	1,241
10	0,365	1	1,365
11	0,413	1	1,413
12	0,508	2	2,508
13	0,431	3	3,431
14	0,816	3	3,816
15	1,010	3	4,010
16	0,562	1	1,562
17	0,627	1	1,627
18	0,797	1	1,797
19	0,826	1	1,826
20	1,016	1	2,016
21	1,083	1	2,083

22	0,538	1	1,538
23	0,194	1	1,194
vacíos	0,017	0	0,017
<b>TOTAL DÍA</b>	<b>16,419</b>	<b>33</b>	<b>49,419</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la tabla, la zona coloreada (correspondiente a los periodos 13,14 y 15) muestra el horario *peaks* de llegada de camiones recolectores a vertedero.

Si analizamos las tablas 4.1 y 4.2 del Capítulo 4 vemos que las instituciones encargadas de recolectar la basura de la ciudad tienen vehículos muy diferentes en forma, mecanismos y capacidad para llevar a cabo su servicio. Es por esto que se calculará el volumen promedio de los camiones que llegan a vertedero en la actualidad.

En el transcurso de Octubre del 2003 Cosemar S.A. se adjudicó la licitación para la recolección de basura de la zona poniente del centro de Viña del Mar, además de una zona de Achupallas. Según Cristián Salazar "... esta nueva concesión implica que Cosemar S.A. está encargado de dar el servicio de aseo a casi un 60 % de la comuna de Viña del Mar..."[Salazar03], por lo que para calcular el volumen promedio de los camiones que se usan para recolectar la basura domiciliaria, supondremos una participación de mercado de 50 % para cada institución, es decir, para la municipalidad como para Cosemar S.A.

Con ayuda de las funciones del software Microsoft Excel se calculó el porcentaje de utilización de cada uno de los tres modelos de camiones recolectores que posee Cosemar S.A. lo que se muestra en la tabla A10.5.

**Tabla A10.5** - Porcentaje de utilización de modelo de camiones

Modelo	Capacidad [mt <sup>3</sup> ]	Porcentaje
CM-4	14	54,7
CWS	23	10,8
CMPL	26	34,5

Fuente: Elaboración propia

Con la información sobre los camiones municipales se pudo calcular los porcentajes de utilización de sus camiones, lo que se presenta en la tabla A10.6.

**Tabla A10.6** - Porcentaje de utilización de camiones municipales

Capacidad de camiones [mt <sup>3</sup> ]	Porcentaje
14	87,88
19	12,12

Fuente: Elaboración propia



Con estos datos se determinó que el volumen promedio de los camiones que llegan a vertedero es de  $17 \text{ mt}^3$ , lo que se desglosa en un promedio volumétrico de los camiones de Cosemar de  $19 \text{ mt}^3$  y los de la municipalidad de  $14 \text{ mt}^3$ .

Como se debe tener claridad sobre la cantidad de viajes al día que los camiones recolectores harán en los años de vida útil del Proyecto hacia la planta de transferencia se debió determinar un factor de nivel de servicio a partir de los datos actuales, suponiendo que la situación de hoy en día no cambiará respecto a factores como, por ejemplo, el nivel de recolección de basura, los horarios de recolección, entre otros. Este factor descriptivo del nivel de servicio del proceso de aseo de la ciudad de Viña del Mar fue definido como la carga promedio que transportan los camiones recolectores al vertedero. Por ello, usando las proporciones calculadas anteriormente y una densidad interna de los camiones recolectores de  $0,4 \text{ ton/mt}^3$ , valor propuesto por la bibliografía [Lund96], la carga promedio que cada camión acarrea se muestra en la tabla A10.7.

**Tabla A10.7** - Determinación del factor de nivel de servicio

Promedio diario más bajo	Promedio diario anual	Promedio diario más alto	Nº viajes camiones Cosemar	Nº viajes camiones Municipalidad	Promedio carga mínimo	Promedio de carga	Promedio carga máximo
311	330	353	17	33	6,22	6,6	7,06

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo tabla 11.5

Para calcular la cantidad de basura que se requiere trabajar en las cintas de separación se usó el concepto de "insumo limitante", símil del término químico. Para ello se divide el requerimiento diario de separación de cada material por la cantidad de material que entra a la planta, de modo que el material que tenga un valor más cercano a 1 será el insumo

limitante y en base a él se realizarán los restantes cálculos necesarios para el diseño de la estación. Este proceso se muestra en la tabla A10.8.

**Tabla A10.8** - Determinación del insumo limitante

Año	Aluminio	Papel	Plástico	Vidrio	M.O.
2004	0,7613	0,0871	0,0107	0,8306	0,4025
2005	0,7622	0,0871	0,0291	0,8314	0,3943
2006	0,7609	0,0939	0,0322	0,8300	0,3864
2007	0,7622	0,1012	0,0485	0,8314	0,3788
2008	0,7617	0,1092	0,0573	0,8307	0,3716
2009	0,7612	0,1111	0,0863	0,8304	0,3636
2010	0,7611	0,1135	0,0662	0,8303	0,3569
2011	0,7610	0,1156	0,0745	0,8302	0,3495
2012	0,7615	0,1178	0,0819	0,8307	0,3424
2013	0,7614	0,1200	0,0884	0,8304	0,3356
2014	0,7616	0,1224	0,0941	0,8306	0,3291
2015	0,7621	0,1249	0,0990	0,8314	0,3228
2016	0,7611	0,1272	0,1028	0,8301	0,3160
2017	0,7621	0,1298	0,1059	0,8313	0,3102
2018	0,7602	0,1320	0,1080	0,8297	0,3032

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, a lo largo de todo el Proyecto el vidrio será el insumo limitante debido a que llega muy poco de este material a la planta. Este hecho podría cambiar en un período cercano ya que está en el proceso final de estudio un proyecto para instalar contenedores de la empresa OMB (empresa proveedora de Cosemar S.A.) para recolectar latas de aluminio en ayuda de una institución de beneficencia, la que posicionaría en una primera etapa alrededor de 12 contenedores a lo largo de Viña del Mar y Reñaca, lo que haría disminuir la cantidad de latas de aluminio presentes en la basura domiciliaria de la zona.

### **Cálculo tabla 11.13**

La tabla A10.9 muestra los datos de la situación más desfavorable de la situación actual de llegada de camiones a disposición final, es decir, lo ocurrido el 31 de Enero del año 2003, lo que sirve para identificar requerimientos máximos a los que la planta estará sometida. La tabla A10.10 presenta el tiempo que cada camión requiere para cumplir un ciclo de trabajo y la tabla A10.11 los flujos de ingreso a la Línea de Separación.

**Tabla A10.9 - Datos actuales**

<b>Rango punta de ingreso actual</b>	11:00 - 15:59	hrs
<b>Cantidad de camiones ingresados en día punta actual</b>	55	camiones/día punta
<b>Frecuencia de ingreso promedio camiones recolectores en día punta actual</b>	2,292	camiones/hr
<b>Frecuencia de ingreso promedio en rango punta actual</b>	4,2	camiones/hora
<b>Capacidad de carga promedio de camiones recolectores en día punta actual</b>	6,015	ton/viaje

<b>Capacidad de carga promedio por camión recolector en rango punta actual</b>	6,857	ton/viaje
<b>Demanda máxima horaria de evacuación en hora punta actual</b>	42,00	ton/hora

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A10.10** - Ciclo del camión de transporte

<b>Transferencia de residuos en planta de transferencia</b>	valor	unidad
Tiempo de carguío	15	min
Tiempo de cubierta superior	5	min
Tiempo de pesaje y control	5	min
Tiempo total en estación de transferencia	25	min
<b>Transporte de ida al relleno desde planta</b>	valor	unidad
Velocidad en Vía Las Palmas (cuesta de 12 kms. app.)	30	kms/hr
Velocidad en Camino La Pólvora (plano de 13 kms. app.)	50	kms/hr
Velocidad promedio	40	kms/hr
Total distancia	25	kms
Tiempo total requerido para ir a relleno [hr]	0,625	horas
Tiempo total requerido para ir a relleno [min]	37,5	min
<b>Entrega de residuos en relleno</b>	valor	unidad
Pesaje y control de entrada	5	min
Ubicación en frente de trabajo	10	min

<b>Descarga del contenedor</b>	10	min
<b>Pesaje y control de salida</b>	5	min
<b>Tiempo total en relleno</b>	30	min
<b>Transporte regreso desde relleno a planta</b>	valor	unidad
<b>Tiempo total requerido para volver del relleno</b>	0,625	horas
<b>Tiempo total requerido para volver del relleno [min]</b>	37,5	min
<b>Tiempo total del ciclo</b>	valor	unidad
<b>Tiempo total en estación de transferencia</b>	25	min
<b>Tiempo total requerido para ir a relleno [min]</b>	37,5	min
<b>Tiempo total en relleno</b>	30	min
<b>Tiempo total requerido para volver del relleno [min]</b>	37,5	min
<b>Tiempo total del ciclo [min]</b>	130	min
<b>Tiempo total del ciclo [hr]</b>	2,17	horas

Fuente: Elaboración propia

Los datos que aparecen en la sección "Transferencia de residuos en Planta de Transferencia" son datos operacionales de la estación de transferencia Puerta Sur, ubicada en Santiago. Las velocidades calculadas son datos estimados por técnicos de la empresa Kaufmann, distribuidora de la marca de camiones Freightliner. La información presentada en la sección "Entrega de residuos en relleno" son datos obtenidos de la base de datos operacional de la ciudad de Valparaíso que posee Cosemar S.A., ya que en ella también tiene gran parte de la concesión de retiro de basura domiciliaria.

**Tabla A10.11** - Flujos de ingreso a la Línea de Separación

<b>Capacidad de recepción de la planta</b>	9464	ton/mes
<b>Días de servicio al mes</b>	26	días/mes
<b>Horas diarias de funcionamiento</b>	8	hr/días
<b>Generación diaria de residuos en quinto año</b>	364	ton/día
<b>Generación en día punta en el quinto año</b>	388,42	ton/día
<b>Tasa de crecimiento en día punta actual</b>	6,710	%
<b>Cantidad de residuos en quinto año para la línea</b>	149,6	ton/día
<b>Cantidad de residuos [mt<sup>3</sup>] del quinto año para la línea</b>	374	mt <sup>3</sup> /día
<b>Demanda promedio horario de evacuación en día anormal del quinto año</b>	18,7	ton/hora

Fuente: Elaboración propia

**Cálculo tabla 11.23**

Usando las tablas A10.9 y A10.10, mostradas en el punto anterior, debido a que son datos que no cambian, en conjunto a la tabla A10.12 se obtiene el número de camiones requeridos para el funcionamiento de la Línea de Transferencia.

**Tabla A10.12** - Flujos de ingreso a la Línea de Transferencia

<b>Capacidad de recepción de la planta</b>	9464	ton/mes
<b>Días de servicio al mes</b>	26	días/mes
<b>Horas diarias de funcionamiento</b>	16	hr/días

<b>Generación diaria de residuos en quinto año</b>	364	ton/día
<b>Generación día de punta en quinto año</b>	388,42	ton/día
<b>Tasa de crecimiento en día punta actual</b>	6,710	%
<b>Generación de residuos en día punta en quinto año</b>	238,82	ton/día punta
<b>Generación de residuos [mt<sup>3</sup>] en día punta en quinto año</b>	597,06	mt <sup>3</sup> /día punta
<b>Demanda promedio horario de evacuación en día punta del quinto año</b>	14,93	ton/hora

Fuente: Elaboración propia

## Bibliografía

[AIDIS03] Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria. **Protocolo de Kioto y Bonos de Carbono en Chile**. XV Congreso. Octubre de 2003, Concepción.

[Arenas03] Arenas, Jaime. **Cálculo y Valores de Tarifas para el Retiro de Residuos Domiciliarios**. Viña del Mar: Sección de aseo de la Municipalidad de Viña del Mar, 13 de mayo de 2003. Información verbal.

[Arpet03] **Experiencia de reciclaje de plásticos en Argentina**. Información disponible vía Web en [www.arpet.org](http://www.arpet.org)

[Arse03] Arse, Paul. **Tasa de Crecimiento Anual de recuperación de papel/cartón**. Administrador zonal Sorepa S.A. Información Verbal.

[BolsadeComercio03] Bolsa de Comercio de Santiago, **Características del mercado bursátil de Chile 2002**, información disponible vía web en [www.bolsantiago.cl](http://www.bolsantiago.cl)

[Belaustegui03] Belaustegui, Ignacio. **Consideraciones Financieras para Proyectos de Inversión**, Profesor Escuela de Ingeniería Industrial PUCV. Información verbal

[CACHICO03] Cámara Chilena de la Construcción. **Valor por metro cuadrado de edificaciones**. Disponible vía Web en [www.cchc.cl](http://www.cchc.cl)

[Carballal04] Carballal, José. **Instrumentos Financieros CORFO**. Información disponible vía Web en [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl).

[Cerde03] Cerda, Rodrigo. **Evaluación Regional 2002 “Servicio de Manejo de Residuos Sólidos”**. Santiago: Seminario Expoagua, Residuos y Ambiente. Junio de 2003.

[COMANA02] Comisión Nacional del Medio Ambiente. **Residuos Sólidos Domiciliarios**. Santiago: Gobierno de Chile, Publicación del Área Ordenamiento Territorial y Recursos Naturales de la CONAMA. 2002.

[Cristalchile03] Cristalerías de Chile. **Evolución de recuperación de envases**. Información disponible vía Web en [www.cristalchile.com](http://www.cristalchile.com)

[GRC03] Gremio de Recuperación de Cataluña. **Composición de la recuperación de plásticos**. Información disponible vía Web en [www.gremirecuperacio.es](http://www.gremirecuperacio.es)

[DecretoAlcaldía1163/92] Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, **Decreto Municipal N° 1.163**. Viña del Mar: Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, 1992.

[DecretoAlcandía7375/95] Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, **Decreto Municipal N° 7.375**. Viña del Mar: Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, 1995.

[Hernández03] Hernández, Fernando. **Capacidad de utilización de latas de aluminio recuperadas**. Gerente de reciclaje de Latasa Chile S.A.

[ILPES98] Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social. **Guía para la Preparación, Evaluación y Gestión de Proyectos de Residuos Sólidos Domiciliarios**. Santiago: Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones, CEPAL, 1998.

[IMV03] Ilustre Municipalidad de Viña del Mar. **Bases de Licitación para la Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos de Viña del Mar**. Viña del Mar: Propuesta Pública D.A. N° 3105/03, marzo de 2003.

[IMVM03] Ilustre Municipalidad de Viña del Mar. **Permisos y Patentes para inicio de actividades**. Viña del Mar, octubre de 2003.

[INE03] Instituto Nacional de Estadísticas. **Estadísticas de Población por Comuna**. Junio de 2003. Información disponible vía Web en [www.ine.cl](http://www.ine.cl).

[Lagos95] Lagos, Miguel. **Análisis Estadístico de RSU de Valparaíso y Viña del Mar**. Valparaíso: Proyecto Instituto de Estadísticas de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 1995.



- [Lobos03] Lobos, Claudio. **Rutas de Recolección sistema municipal y concesionado**. Viña del Mar: Sección Aseo Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, 20 de junio de 2003. Información verbal.
- [Lund96] Lund, Herbert F. **Manual McGraw Hill de Reciclaje**. España: McGraw Hill, 1996.
- [Marín03] Marín, Mónica. **Capacidad de utilización de vidrio reciclado**. Supervisora de reciclaje de Cristalerías de Chile. Información Verbal.
- [MemoriaAseo02] Dirección Aseo, **Memoria Anual sección Aseo**. Viña del Mar: Departamento Servicios del Ambiente Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, 2002.
- [Mideplan98] Ministerio de Planificación y Cooperación. **Residuos Sólidos: Estudios y Planes de Manejo**. Santiago, 1998.
- [Muñoz99] Muñoz J., Jaime. **Metodología de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos y Bases para el Desarrollo de un Laboratorio**. Valparaíso: Tesis de título para ingeniero en construcción, 1999.
- [OrganizaciónViña03] Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, **Organización Municipalidad de Viña del Mar**. Marzo, 2003. Disponible vía Web en [www.vinadelmarchile.cl](http://www.vinadelmarchile.cl).
- [Papelnet03] Papelnet. **Experiencia de Reciclaje en Córdoba España**. Mayo, 2003: Información disponible vía Web en <http://www.papelnet.cl>.
- [Reciclaje03] **Reciclaje de plásticos en Panamá**. Información disponible vía Web en [http://espanol.geocities.com/empresas\\_gatun/reciclaje\\_plastico\\_panama.htm](http://espanol.geocities.com/empresas_gatun/reciclaje_plastico_panama.htm)
- [Reygada03] Reygada E. Rodolfo. **Mantenimiento Preventiva y Costos de Maquinaria Industrial y Vehículos Diesel**. Chuquicamata, Subgerencia Mantenimiento Mina – Concentradora, Noviembre de 2003. Información verbal e información vía correo electrónico.
- [Salazar03] Salazar Cristián. **Datos de Cosemar S.A.** Viña del Mar. Comunicación verbal. Noviembre de 2003.
- [SantaMarta99] Consorcio Santa Marta S.A. **Evaluación de Impacto Ambiental Proyecto Estación de Transferencia Santa Marta**. Valparaíso: AEM Sigma S.A.

[Szanto03] Szanto, Marcel. **Sistemas de Recuperación y Mercado para Productos Recuperados**. Viña del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería en Construcción. Junio de 2003, información verbal.

[ServiciosMunicipalesViña03] Ilustre Municipalidad de Viña del Mar, **Servicios Municipales**. Marzo, 2003. Disponible vía Web en [www.vinadelmarchile.cl](http://www.vinadelmarchile.cl).

[Siggelkow03] Siggelkow, Patricio. Ingeniero en Tecnología y Energía Renovables. **Planta de Transferencia para Recuperación de Residuos Sólidos Urbanos**. Valparaíso: SIGMA Consult Ltda., 15 de marzo de 2003. Información Verbal.

[SIGMA98] SIGMA Consult Ltda. **Declaración de Impacto Ambiental Planta de Transferencia**. Valparaíso: Estudio realizado por SIGMA Consult Ltda., 1998.

[Tchobanoglous94] Tchobanoglous, George et al. **Gestión Integral de Residuos Sólidos**. España: McGraw Hill, 1994.

[UdeZaragoza04]. Universidad de Zaragoza. **Cálculo del Índice de Riesgo de la Empresa Dragados**. Zaragoza, España. Información disponible vía Web en <http://ciberconta.unizar.es/bolsa/sharpe.htm>.

[Vacarezza03] Vacarezza, Pablo. **Tasas de interés y condiciones de financiamiento**. Viña del Mar. Comunicación verbal. Noviembre de 2003.

[Velásquez03] Velásquez Gonzalo. **Estudio de costos de materiales en disposición final**. Concepción. CONAMA. Octubre del 2003.

[Yañez03] Yañez Javier. **Datos sobre Sección de Aseo de la I. Municipalidad de Viña del Mar**. Viña del Mar. Comunicación verbal. Octubre de 2003.