****

Resultado 1

Informe Estado Situación actual de tecnologías de Gestión en Residuos sólidos domiciliarios

en el marco del proyecto: “Mapa Tecnológico Estratégico para el Mejoramiento de la Gestión de los RSD en Chile” 12BPC – 13417

*Valparaíso, octubre 2013*

Índice

[Índice de Tablas 3](#_Toc405237621)

[Índice de Figuras 3](#_Toc405237622)

[1 Introducción. 4](#_Toc405237623)

[2 Conceptualización de la cadena de gestión de RSD 5](#_Toc405237624)

[3 Catastro de tecnologías aplicables a la Gestión de RSD. 6](#_Toc405237625)

[4 Resultados 11](#_Toc405237626)

[4.1 Destino de los residuos sólidos 11](#_Toc405237627)

[4.2 Recolección de los residuos sólidos 12](#_Toc405237628)

[4.3 Planes de Gestión 13](#_Toc405237629)

[4.4 Caracterización y distribución regional de Municipios 13](#_Toc405237630)

[5 Conclusiones 15](#_Toc405237631)

[6 Otras observaciones 15](#_Toc405237632)

[7 Anexo: Descripción de tecnologías 16](#_Toc405237633)

[1. Minimización de los residuos 16](#_Toc405237634)

[1. Compostaje en el hogar. 16](#_Toc405237635)

[2. Reciclaje en puntos de entrega 17](#_Toc405237636)

[3. Reciclaje en origen (domicilio) 17](#_Toc405237637)

[4. Métodos de Recolección 18](#_Toc405237638)

[5. Vehículos de Recolección 20](#_Toc405237639)

[6. Transferencia y Transporte 21](#_Toc405237640)

[6.1 Vehículos de Transporte 23](#_Toc405237641)

[7. Fermentación (Tratamiento Anaeróbico); Biometanización 25](#_Toc405237642)

[8. Incineración 26](#_Toc405237643)

[9. Disposición Final en relleno sanitario 26](#_Toc405237644)

[9.1 Selección del Sitio: 26](#_Toc405237645)

[9.2 Impermeabilización de fondo: 27](#_Toc405237646)

[9.3 Capa Superficial: 28](#_Toc405237647)

[9.4 Control de Gases: 28](#_Toc405237648)

[9.5 Manejo de Líquidos Percolados: 29](#_Toc405237649)

[9.6 Operación y Abandono: 29](#_Toc405237650)

## Índice de Tablas

[Tabla 2.2‑1: Tecnologías Genéricas 6](#_Toc405237651)

[Tabla 2.2‑1: Cantidad de Municipios por cluster identificado 13](#_Toc405237652)

[Tabla 2‑5 Requisitos de Emplazamiento de Rellenos Sanitarios 27](#_Toc405237653)

[Tabla 2‑6 Requisitos de Impermeabilización Basal de Rellenos Sanitarios 28](#_Toc405237654)

## Índice de Figuras

[Figura 2.1‑1: Concepto gráfico de la cadena d gestión de RSD, sus actores y el entorno 5](#_Toc405237655)

[Figura 2.1‑1: Lugar de disposición final de RSD, nacional 11](#_Toc405237656)

[Figura 4‑2: Gráfica porcentual del tipo de localización y tipo de administración de la disposición final 12](#_Toc405237657)

[Figura 4‑3: Gráfica porcentual formato de recolección y tipo de administración de la recolección 12](#_Toc405237658)

[Figura 4‑4: Gráfica porcentual de comunas que cuenta con plan de manejo de RSD 13](#_Toc405237659)

[Figura 4‑5: Gráfica porcentual de comunas según tipificación 14](#_Toc405237660)

[Figura 4‑5: Cantidad de municipios por región según clase 14](#_Toc405237661)

# Introducción.

Para realizar un análisis del estado de todo escenario, es crucial la cantidad, confiabilidad y posteriormente análisis de antecedentes y parámetros concretos de dicho escenario.

En el caso particular de la gestión de residuos sólidos domiciliarios, en adelante RSD, no existe aún un ente o plataforma que reúna y/o genere análisis periódicos del estado de situación, como sí es en el caso de la gestión del agua potable y alcantarillado, el mercado eléctrico, la salud o la educación en el país.

Existe un reporte del Ministerio del Medio ambiente, publicado el año 2010, que entre varios capítulos de temática ambiental, aborda uno específico respecto de los residuos, tanto domiciliarios como industriales.

En dicho reporte, sin embargo, explicita que los antecedentes son a base de estimaciones y que se están desarrollando herramientas para un seguimiento más preciso, como lo es la implementación de una plataforma de declaración voluntaria.

Es por esto, que se ha llevado a cabo una intenso trabajo, en diferente etapas y modalidades para recabar información respecto a la situación real en la gestión actual de RSD. Esta recopilación corresponde por una parte, a un levantamiento de información desde los portales de información municipal de acceso público, portales tales como INE, SINIM, CENSO, Banco Integrado de Proyecto, entre otros, con las características principales de cada uno de los 345 Municipios que componen Chile.

Por otra parte, se configuró un sistema de encuesta en línea, para recopilar información sobre las características de la gestión y manejo de RSD de dicho municipio y posteriormente consulta acogiéndose a Transparencia pública, para mejorar la tasa de respuesta.

A la fecha se ha recopilado antecedentes de 209 municipios, logrando un 60% de cobertura, respectos de los cuales se realiza el presente análisis.

# Conceptualización de la cadena de gestión de RSD

Hoy en día, la gestión de RSD es responsabilidad de los municipios, quienes en algunos casos externalizan parte o totalidad de la cadena del proceso de gestión.

A continuación se presenta una conceptualización de la cadena de gestión como referencia a los términos que se utilizan más adelante.



Figura 2.1‑1: Concepto gráfico de la cadena d gestión de RSD, sus actores y el entorno

Entendiendo que el proceso comienza en el momento de la generación de los residuos, en que participan principalmente los usuarios del sistema, existen también alternativas de gestión “aguas arriba” teniendo en mente los hábitos de consumo y empaquetamiento, que sin embrago están fuera del alcance del presente estudio.

Como se verá a continuación, la mayor alternativa de tecnologías se encuentran en la modalidades de acopio intermedio (cercano al punto de generación, dentro o fuera de la vivienda) y su recolección, pero en cuanto a la revalorización, recuperación y/o disposición final, la opciones son menores.

# Catastro de tecnologías aplicables a la Gestión de RSD.

En la siguiente tabla se presentan las principales tecnologías genéricas aplicables a las diferentes etapas del proceso de gestión de RSD. La descripción detallada se encuentra en el anexo 1 del presente informe.

Tabla 2.2‑1: Tecnologías Genéricas











# Resultados

Respecto de la existencia y/o aplicación de estas tecnologías en la situación actual se tiene los siguientes resultados, en base a la información recopilada que corresponde a 209 municipios de un universo total de 345 a nivel nacional.

## Destino de los residuos sólidos

Del total de antecedentes, todos los residuos son llevados a un sistema confiando de disposición final, sin identificarse iniciativas de revalorización energética, ni tratamiento. Si bien, existen iniciativas de reciclaje en varias de ellas (87, que corresponde al 42%), la cantidad desviada a este destino no es suficiente (o desconocida) como para reportarla como destino alternativo.

|  |  |
| --- | --- |
| Total | 209 |
| Vertedero | 96 |
| Relleno Sanitario | 107 |
| No responde | 6 |

Figura 2.1‑1: Lugar de disposición final de RSD, nacional

Otro aspecto interesante respecto del destino de los RSD es que la gran mayoría está en manos de administración privada y fuera de su comuna. Es decir, que existen varias comunas que no cargan con el pasivo ambiental de la disposición de sus residuos.

En la siguientes figuras de grafican los antecedentes:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Figura 4‑2: Gráfica porcentual del tipo de localización y tipo de administración de la disposición final

## Recolección de los residuos sólidos

En la recolección la participación de los emprendimientos privados es menor, siendo aproximadamente el 44%. Es decir, que en este aspecto la administración municipal tiene mayor injerencia en su mejora continua, siendo además inversiones de menor plazo que las de disposición o tratamiento final.

Respecto a la modalidad de recolección, el servicio puerta a puerta, aún está cerca del 50% de los casos, si se considera que el sistema mixto, también lo realiza. Se entiende como mixto la recolección por contenerización en algunos sectores, y puerta a puerta en otros.

En la siguiente gráfica se resumen los aspectos mencionados anteriormente:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Figura 4‑3: Gráfica porcentual formato de recolección y tipo de administración de la recolección

## Planes de Gestión

Del total de 209 Municipios caracterizados en detalle, se tiene que la gran mayoría NO cuenta con un plan de manejo de RSD, lo que aleja aún más la identificación de un estrategia o tendencia hacia la mejora y tecnificación del sistema de gestión.

Figura 4‑4: Gráfica porcentual de comunas que cuenta con plan de manejo de RSD

## Caracterización y distribución regional de Municipios

En base al trabajo de análisis estadístico que se realizó para la identificación de grupo comunes dentro del universo de las 345 municipalidades, se generaron 5 grupos que comparten gran cantidad de variables.(La metodología de análisis de describe en la actividad 1.11 y forma parte del Resultado 4, Mapa tecnológico).

Estos grupos identificados se denominaron en función de sus variables, como sigue:

Tabla 2.2‑1: Cantidad de Municipios por cluster identificado

|  |  |
| --- | --- |
| Categoría | Cantidad Municipios |
| Semi rural | 85 |
| De Alta Población | 70 |
| Alta Ruralidad | 101 |
| Alta Pobreza | 73 |
| Turísticos | 16 |

La distribución de estos grupos, en cuanto a número de municipios por región, se observa en los siguiente gráficos:



Figura 4‑5: Gráfica porcentual de comunas según tipificación



Figura 4‑5: Cantidad de municipios por región según clase

Se observa que las comunas de alta población corresponden a las capitales regionales, así como las de la Región Metropolitana.

En cuanto a las comunas agrupadas por compartir perfil de pobreza se concentran en las regiones de Maule, BioBio y Araucanía.

El indicador de ruralidad domina en las regiones de O`Higgins hacia el sur.

# Conclusiones

Como tecnología aplicada se identifica a la fecha principalmente la recolección puerta a puerta, transporte en camiones recolectores, y disposición final en vertedero y/o relleno sanitario.

Además se cuantifica baja cantidad de planes de gestión, que podrían incentivar o encauzar una camino de mejoras tecnológicas.

En conclusión, existe un potencial de tecnificar y optimizar la gestión actual, con el objetivo de reducir costos, o al menos prevenir sus aumentos, y de impactos ambientales.

# Otras observaciones

Durante el procesos de recopilación de datos, así como en la actividad de entrevista a actores, se ha identificado ausencia de datos de gestión, dispersión de la poca información disponible, desconocimiento en algunos ámbitos por parte de los diferentes interlocutores, y cierto tipo de temor o desconfianza al momento de responder o entregar información.

Por otra parte, la disparidad en cuanto a la forma y contenidos de la información recopilada, llevó a la reflexión e identificación que independiente de sus características locales, un aspecto importante en la modalidad de gestión de RSD tiene relación con las MADUREZ de CAPACIDADES.

De lo anterior, es que se propone el desarrollo de un sistema on line, para que cada municipio pueda identificar y cuantificar su grado de madurez de diferentes capacidades identificadas. El detalle de esta propuesta se aborda en otro informe.

# Anexo: Descripción de tecnologías

1. Minimización de los residuos

Reducción (en el origen):

Como ejemplo se puede mencionar el compostaje en el hogar, el cuál utiliza una apropiada reducción en origen, su potencial de reducción del orden de un 40% en masa de RSD[[1]](#footnote-1), ya que permite economizar no solamente en disposición final, sino también los costos elevados de recolección y transporte, lo que se percibe como más aplicable en sectores rurales.

Reciclaje:

El reciclaje implica desechar un objeto después de su utilización, recolectar las diferentes fracciones en forma segregada y devolverla al proceso productivo (donde se le devuelven sus características de materia prima o se obtienen nuevos productos).

La reducción de las cantidades de residuos es claramente positiva para reducir el financiamiento requerido del sistema municipal de aseo (disminuyendo proporcionalmente los gastos e inversiones en sistemas de recolección, tratamiento y disposición final). Por otra parte, el reciclaje requiere de estudios adicionales y en la práctica necesita logística adicional para recolección diferenciada, acopio y/o clasificación; adicionalmente es necesario contar con la factibilidad de comercialización de los productos.

En la situación actual (en la cual el costo de disposición representa del orden de un 20 a 30% de los costos totales de gestión de los residuos en la mayoría de las comunas) las medidas de reducción en el origen representan no solamente beneficios ambientales y sociales de largo plazo, sino también un potencial de ahorro significativo en el mediano plazo, por ejemplo, el compostaje en el hogar.

1. Compostaje en el hogar.

El compostaje corresponde a un método simple para el procesamiento biológico de los residuos orgánicos. Es un proceso de tratamiento basado en la descomposición aeróbica de la materia orgánica presente en los residuos sólidos domiciliarios. Básicamente, consiste en depositar los residuos en cúmulos o pilas, removiéndolos en forma periódica y manteniendo un rango de humedad constante durante unos 3 a 4 meses, dependiendo de la metodología utilizada. A nivel comunal, el compostaje en el origen se puede efectuar de las siguientes formas:

1. Compostaje en el hogar del generador (sin recolección): con composteras caseras, en el propio jardín o patio;
2. Compostaje comunitario: forma descentralizada en áreas públicas (recolección manual).

Aparte de reducir la cantidad de desechos por depositar, el compostaje presenta el beneficio adicional de reducir la generación de líquidos percolados de los rellenos sanitarios. Además, entrega como producto final un abono o “compost“, que puede ser empleado para mejorar la calidad del suelo en la agricultura, fruticultura vinicultura, o en los propios jardines de los usuarios. La limitante del proceso de compostaje es la demanda del producto, que debe primero vencer la barrera del prejuicio, y luego cumplir siempre con buena calidad.

*Ventajas y Desventajas de su incorporación*

* Técnica simple.
* Bajo costo de inversión y operación (Las composteras en el mercado nacional fluctúan entre $55.000 y $75.000).
* Reducción en origen de las cantidades de residuos a recolectar (sobre todo en sectores rurales).
* Reducción cuantitativa de residuos por depositar (estimada sobre 40%).
* Separación en solo dos fracciones.
* No requiere comercialización del producto (uso en el origen).
* El tiempo requerido para logra un cambio de hábito (separación de residuos en dos fracciones).
* Requerimiento de espacio (patio, jardín).
* Inversión en difusión, educación y capacitación (con retornos no-inmediatos).

1. Reciclaje en puntos de entrega

La separación en origen es el método más adecuado para lograr la recuperación de materiales comercializables de calidad.

La mayoría de los programas de reciclaje están basados en un sistema de entrega, contenedores o campanas instalados en lugares públicos. No hay ni obligatoriedad, ni estímulos económicos para que los usuarios separen en su domicilio.

En el caso de las experiencias de programas municipales están siendo operados en su mayoría por empresas privadas, ONG’s o agrupaciones sociales, que recibieron algún apoyo en forma de permisos municipales, uso de terreno, infraestructura y/o entrega de otros recursos. En muchos casos las empresas privadas de reciclaje entregan los contenedores y asumen el costo de retiro de los materiales.

La participación de los usuarios suele estar del orden de un 10 a 20%.

1. Reciclaje en origen (domicilio)

En el caso de la recolección “casa por casa” requiere necesariamente un grado de participación mayor de parte de los usuarios, ya que considera el uso de recipientes segregados para diferentes materiales, una recolección diferenciada y/o un sistema de entrega (contenedores en lugares públicos, centros de acopio).

La experiencia práctica sin embargo, indica que la segregación en fracciones individuales en domicilio, y su recolección presenta varios problemas:

* Falta de hábito de los usuarios.
* confusión con respecto a los días de retiro de los materiales.
* Problemas de espacio en el hogar para guardar múltiples contenedores.
* Errores de clasificación.

1. Métodos de Recolección

El método de recolección de los RSD tiene estrecha relación con la selección de los tipos de recipientes, vehículos y otros recursos. En términos generales, se distinguen los métodos de recolección que se presentan a continuación.

Recolección sin Recipientes Estandarizados:

La recolección de los RSD sin recipientes normados (por ej. bolsas plásticas de supermercado, tambores, cajas etc.) implica un mayor manejo manual e interacción de los residuos sólidos por parte de los operarios.

Sistema de Carga:

Está basado en la carga de los residuos sólidos desde contenedores estandarizados a los camiones de recolección, por medio de un sistema levantador hidráulico instalado en el vehículo. Una vez efectuada la operación, el contenedor se devuelve al lugar de origen (es decir no sirve como contenedor de transporte).

Dado que las cantidades de desechos transferidos están limitadas por la capacidad de los contenedores, éstos no se ocupan en caso de grandes volúmenes de residuos, residuos pesados como escombros, chatarra, etc. En general se utiliza con residuos sólidos de origen domiciliario, comercial u otros residuos de menor densidad, generalmente con contenedores estandarizados con volúmenes entre 120 litros y 1.100 litros, en cuyos casos existen levanta-contenedores hidráulicos compatibles con los camiones tradicionales de carga trasera.

Sistemas de Recipientes Desechables Estandarizados:

Consiste en la recolección de los RSD en bolsas de material plástico o papel, con tamaños y una calidad estandarizados. Dado que la carga del camión se efectúa manualmente, la capacidad de los recipientes es limitada.

Este método no requiere de una inversión en contenedores o equipos hidráulicos levantadores en los vehículos. Sin embargo, los costos específicos por cantidad de RS recolectada pueden ser mayores a los costos de un sistema de transbordo de contenedores. Por el costo de las bolsas estandarizadas, es indispensable un control para asegurar que los usuarios efectivamente las usan.

Sistema de Recambio:

El contenedor lleno se reemplaza por uno vacío, es decir, el recipiente de RSD sirve como contenedor de transporte. Generalmente los recipientes utilizados para el almacenamiento de residuos son “recipientes remolcables”, es decir, se remolcan al sitio de procesamiento, se vacían y se devuelven a su ubicación original o a otro lugar. Los contenedores de remolque presentan capacidades mayores a 4 m3 y hasta 40 m3. El sistema es aplicable para residuos sólidos con una densidad alta o con volúmenes mayores (cantidades mayores a 4 m3), por ejemplo: arena, madera, chatarra, escombros y otros desperdicios de demolición de sitios de construcción.

Tipo de Recipientes Utilizados en la Recolección:

Dependiendo del tipo de material, lugar de instalación y frecuencia de recolección, los tamaños de contenedores más comunes son los siguientes:

1. Contenedores pequeños de 10 a 80 litros.
2. Contenedores tipo MGB de 140, 240 y 360 litros.
3. Contenedores tipo MGB de 0,77 y 1,1 m3.

**

*Ventajas y desventajas de su incorporación*

Recolección sin Recipientes Estandarizados:

* No implica organización, inversión, ni mantención de los recipientes de parte de los municipios.
* Bajo costo para el usuario.
* Mayor manejo manual de parte de los operarios.
* Mayor probabilidad de accidentes para los operarios.
* Rotura de bolsas.
* Situaciones sanitarias e impacto ambiental negativas.

Sistema de Carga:

* Mayor rendimiento.
* Menor esfuerzo físico de los operarios.
* Seguridad laboral, higiene.
* Comodidad para los usuarios.
* Aspectos urbanistas y estéticos.
* Requiere levanta-contenedores hidráulicos (reacondicionamiento de los camiones recolectores).
* Lavado de contenedores.
* Problemas de hurto de contenedores o vandalismo.
* Requiere espacio para el estacionamiento de los contenedores (en veredas, edificios).
* Cambio de hábito en los usuarios, requiriendo probablemente pequeñas campañas de difusión previas a la implementación.
* Costo de inversión y mantención de los recipientes.

Sistemas de Recipientes Desechables Estandarizados:

* Rapidez de recolección (en comparación con algunos contenedores estacionarios que tienen que ser repuestos por los operarios).
* No requiere limpieza de contenedores.
* No requiere espacio designado para contenedores.
* La venta de las bolsas puede usarse como un instrumento de cobranza.
* Manejo manual de parte de los operarios.
* Riesgo (algo menor) de rotura de bolsas.
* Cambio de hábito en los usuarios, requiriendo probablemente campañas de difusión previas a la implementación.
* Costos adicionales para los usuarios (compra de las bolsas).

1. Vehículos de Recolección

Generalmente los camiones de recolección efectúan la extracción desde el generador y el transporte de los RSD hasta el lugar de disposición final (transporte directo). Los componentes importantes del vehículo, se describen a continuación:

Chasis:

El chasis de los camiones recolectores suele ser de serie, de una marca y tipo común (por ej. Mercedes Benz, General Motors, Ford, Iveco, International). El camión debe ser fácil de manejar en las calles, considerando las pendientes y la topografía existente.

Compactación:

Los vehículos de recolección utilizados hoy en día en la mayoría de las comunas a nivel internacional y nacional están equipados con una compactación hidráulica de los RSD recolectados. Lo anterior tiene la ventaja de poder cargar 2 a 3 veces la cantidad de residuos en un sólo viaje de recolección y transporte, en comparación con un vehículo sin compactación.

Levantador Hidráulico de Contenedores:

Cuando se usan sistema de contenedores, con volúmenes sobre 110 litros, el equipo levantador hidráulico es un requerimiento tanto del punto de vista de la eficiencia operacional así como por razones de salud y seguridad laboral y legal.

|  |
| --- |
|  |

Ilustración 2‑4 Tipos de levanta-contenedores.

.

Superestructura (Capacidad):

Las estructuras modernas de carga son cerradas para evitar emisiones de líquidos, polvo, olores y problemas higiénicos. Existen superestructuras con capacidades de entre 6 m3  y 20 m3 y una carga útil de entre 4,5 y 10 toneladas (considerando una densidad del orden de 0,5 t/m3). Para minimizar los tiempos de transporte idealmente la capacidad de la superestructura debe recibir la cantidad diaria de residuos en dos recorridos de recolección.

*Factibilidad de implementación*

La adquisición de camiones recolectores con compactación es factible independientemente del tamaño de las comunas, sin embargo un tamaño mínimo de 2.000 habitantes o la administración mancomunada ofrece mejores economías de escala.

1. Transferencia y Transporte

La transferencia de los RSD a vehículos de mayor capacidad no solamente permite el transporte de los residuos a lugares de disposición final más distantes, sino también reduce la dependencia de las comunas de un solo proveedor de servicio de disposición y mejora su capacidad de negociación. El análisis preliminar y la experiencia en otras comunas del país índica que a partir de una distancia de transporte de aproximadamente 30 km, es aconsejable evaluar la alternativa de una estación de transferencia y el transporte con vehículos especiales (en vez del transporte directo con camión recolector).

Dependiendo del método que se utilice para cargar los vehículos especiales de transporte, las estaciones de transferencia se pueden clasificar en tres tipos:

Estación de transferencia de descarga directa:

Los RSU se vacían directamente desde el camión recolector al vehículo que se va a utilizar para el transporte al lugar de disposición final. Estas estaciones de transferencia simples suelen construirse con un arreglo a dos niveles, por ejemplo, una plataforma elevada para la descarga o una rampa a desnivel para los remolcadores de transporte, debajo de tolvas de descarga.

Estaciones de descarga y almacenamiento:

Los residuos se vacían en un foso de almacenamiento o en una plataforma desde la cual se cargan los vehículos de transporte por medio de un equipo auxiliar (cargador frontal). El volumen de almacenamiento puede variar desde aproximadamente medio día hasta dos días de volumen de RSD.

Estaciones con una combinación de descarga directa y descarga con almacenamiento:

Por lo general tienen propósitos múltiples, por ejemplo transferencia, recuperación de materiales, reciclaje o tratamiento, y están diseñadas para un mayor número de habitantes servidos.

|  |
| --- |
|  |

Ilustración 2‑5 Estaciones de transferencia simples.

Cuando las cantidades de RSD son bajas, la estación de transferencia no necesariamente resulta económica, y/o implicaría el almacenamiento de los RSD sobre varios días con los problemas higiénicos y estéticos asociados. Basado en la capacidad de un remolcador de 10 t, el tamaño mínimo se ha estimado en 10.000 habitantes servidos.

* 1. Vehículos de Transporte

Los camiones utilizados para el transporte de distancia de RSD disponen de un mayor volumen de carga y/o de sistemas de compactación. Dependiendo de la clase de peso (tara y peso total), alcanzan cargas útiles de entre 20 y 25 toneladas, con volúmenes de hasta 70 m3 (camión y acoplado, con dos contenedores de 35 m3 c/u). Se distinguen los siguientes tipos de vehículos de transporte:

Remolques y semirremolques:

El método más simple consiste en un camión con remolque sin sistema de compactación. En Europa y EE.UU. frecuentemente se usan vehículos semiremolques con superestructuras desmontables. Algunos remolques están equipados con fosos (o control de derrames) para recolectar cualquier líquido que se acumule de los residuos.

Compactadores:

Se refiere a compactadores estacionarios o mecanismos compactadores que forman parte integral del recipiente (camión, remolque o contenedor). Dentro de los contenedores se cuentan los con compactación móvil o estacionario.

Otros:

Otros vehículos o contenedores de transporte incluyen:

* Contenedores sin compactación; solidarios al chasis
* Camiones tipo “WalkingFloor”;

El tipo de camión más apropiado para una comuna mediana o pequeño suele ser multi-uso, por ej. Camión de remolque con sistema ampliroll (“hook-lift”).

|  |
| --- |
|  |

Ilustración 2‑6 Camiones de transporte

*Ventajas y desventajas de su incorporación*

* Tecnología simple.
* Costo de inversión mediano a bajo.
* Menor dependencia de proveedores individuales de servicios de disposición.
* Factibilidad de compartir infraestructura básica con otras instalaciones (planta de compostaje, tratamiento mecánico-biológico, lugares de acopio de residuos reciclables, clasificación).
* Costo fijo de inversión y operación de la estación de transferencia (solo se justifica a partir de cierta distancia de transporte y/o tamaño de operación).
* Requerimiento de vehículos adicionales de transporte.
* Potencial de molestia para el entorno (relativamente bajo en zonas rurales).

*Factibilidad de implementación*

En el caso de las comunas medianas y pequeñas el flujo de vehículos de recolección de entre 2 – 5 camiones por día no presenta una limitante para el funcionamiento de la estación de transferencia; debe haber espacio suficiente para la espera de uno o dos camiones recolectores.

En el caso de las comunas o asociaciones municipales grandes es necesario verificar la factibilidad de instalación en sectores urbanos (de uso industrial exclusivo) o rurales, en la cercanía de las principales vías de acceso.

En las zonas rurales no existen mayores restricciones para el emplazamiento de las instalaciones, ni tampoco un potencial significativo de molestia para su entorno; incluso sería factible considerar los actuales sitios de vertederos municipales como lugares futuros de emplazamiento.

Finalmente, se recomienda considerar superficies para expansiones o desarrollo de instalaciones complementarias o (patio de acopio, planta de compostaje y/o tratamiento mecánico-biológico).

1. Fermentación (Tratamiento Anaeróbico); Biometanización

Los procesos de fermentación anaeróbica, que se utilizan para la producción de metano (“biogás”) a partir de residuos sólidos, generalmente incluyen tres etapas básicas:

* preparación de la fracción orgánica de los residuos sólidos para su digestión anaeróbica (recepción, clasificación, separación y reducción de tamaño);
* fermentación en un reactor durante un período de 8 a 15 días, y a una temperatura de 50 a 60 ºC. adición de humedad y nutrientes a la mezcla, el ajuste del pH, el calentamiento del precipitado y
* captura, almacenamiento y purificación de los componentes gaseosos generados durante el proceso de digestión.

El metano captado puede ser usado para la producción de energía. La colocación final del precipitado digerido es una tarea adicional a realizar.

La fermentación es apropiada especialmente para desechos orgánicos de alta humedad y poca consistencia por falta de material que les dé estabilidad, por lo tanto presentan problemas en el compostaje (Por ejemplo, desechos caseros de alto contenido orgánico, desechos orgánicos de la industria alimenticia).

*.*

*Ventajas y desventajas de su incorporación*

En general se caracteriza por ventajas y desventajas similares a los otros procesos, con la diferencia de obtener biogás como un producto adicional. El proceso es más sensible a variaciones a, choques de carga, por lo que su control resulta más complejo y requiere de operarios calificados.

*Análisis de costo/beneficio*

La inversión en reactores con aislamiento, equipos mecánicos de mezclado, calefacciones, controles e instrumentación es muy alta en comparación a un relleno sanitario.

1. Incineración

La incineración es un proceso físico-térmico que en una atmósfera altamente oxidante, es decir, oxígeno en exceso, es capaz de transformar los RSU en cenizas y gases de combustión a temperaturas del orden de los 800 a los 1.000 °C.

Los RSD podrían producir entre 250 y 750 kW h e/t, dependiendo de su poder calorífico y del pretratamiento al que sean sometidos. Es así, que el límite inferior corresponde a la incineración de los RSD sin tratamiento previo y en plantas denominadas “Mass Burn”, sin embargo el límite superior es posible alcanzarlo cuando los RSD son secados, clasificados e incluso peletizados para ser incinerados en sistemas de “lecho fluidizado”.

En el mundo existen alrededor de 760 plantas de incineración de RSU en operación.

Los países que se destacan por incinerar su basura son:

* Dinamarca (55%)[[2]](#footnote-2)
* Suecia (55%)
* Suiza (45%)
* Holanda (48%)
* Francia (35%)
* Alemania (42%)

Cabe mencionar que corresponden a países catalogados como desarrollados, cuya composición de RSD arroja valores menores al 50% en materia orgánica, por tanto, de mayor valor energético que el presente en nuestro país..

Considerando el aprovechamiento energético en las instalaciones de incineración, los costos de operación por tonelada pueden ser estimados entre 60 y 150 USD.

1. Disposición Final en relleno sanitario

Los aspectos importantes en la evaluación de alternativas, emplazamiento y diseño de los rellenos sanitarios incluyen los siguientes puntos:

* 1. Selección del Sitio:

El objetivo del depósito o relleno sanitario es el aislamiento indefinido de los residuos, su construcción y operación debe fundarse en un “sistema multibarreras“. Sólo el conjunto de varias barreras garantiza que las emisiones aún en caso de fallas o accidentes sean mínimas; en este contexto la selección del sitio de emplazamiento y la existencia de una barrera geológica (suelos impermeables) es prioritaria.

Los requisitos del Reglamento de Relleno Sanitarios D.S. N° 189/08 MINSAL con respecto al emplazamiento son las siguientes:

Tabla 2‑5 Requisitos de Emplazamiento de Rellenos Sanitarios

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Título II** | **Del Sitio** | **Descripción** |
|  | Distancias mínimas | 300 m franja de protección interpredial |
|  | “Barrera geológica” | Distancia hacia la napa subterránea > 3 m, con una permeabilidad máximo de Kf=10-7 m/s (10-5 cm/s) |
|  | Otros | Ausencia de inundaciones, fallas geológicas, riesgos de inestabilidad |

En la disposición final de los residuos sólidos se han desarrollado varios métodos de relleno, entre ellos:

Método de zanjas:

Se utiliza en áreas donde la napa freática está muy por debajo de la superficie. Al iniciar el proceso se excava una primera zanja y la tierra se apila para formar un dique detrás de la excavación; después se depositan los desechos en capas delgadas y compactadas hasta alcanzar la altura deseada. El material de cubrimiento se obtiene por excavación de la zanja adyacente.

Método de relleno sobre el terreno:

Por lo general, la operación del relleno comienza por construir un dique de tierra contra en el cual se colocan los desechos en capas delgadas y se compactan en forma de celdas de 2 a 3 metros de altura c/u, efectuándose un cubrimiento diario. El material de cubrimiento debe traerse de terrenos adyacentes. La altura final del relleno generalmente alcanza unos 10 a 20 metros.

Relleno en taludes:

Requiere la construcción de un dique de tierra, las celdas de desechos compactados se amontonan sucesivamente en el talud hasta alcanzar la altura de diseño. El material de cubrimiento diario y final se obtiene del talud o de terrenos adyacentes.

De acuerdo a las consideraciones expuestas, se recomienda el relleno en talud como el método más adecuado bajo las condiciones de la zona. Ya que el fondo del relleno permite un drenaje gravitacional de los líquidos percolados, minimizándose la acumulación y una eventual filtración de los líquidos al subsuelo, en caso de fallas de la impermeabilización, además, permite aprovechar sitios con pendientes y una vez terminado sus funcionamientos se recubre adaptándolo de forma armónica con el entorno.

* 1. Impermeabilización de fondo:

La capa básica del relleno sanitario, es decir la impermeabilización en combinación con un sistema de captación de los líquidos percolados tiene la función de evitar filtraciones de los lixiviados de los desechos. Como base del relleno se requiere un subsuelo natural remodelado y compactado con pendientes naturales o artificiales de por lo menos 3%, para facilitar el drenaje de los líquidos percolados.

En general, existen las siguientes alternativas de materiales de impermeabilización:

1. arcilla compactada;
2. geomembrana de HDPE o PVC;
3. lámina de bentonita (GCL);
4. impermeabilización de asfalto especial;
5. materiales finos, por ejemplo relaves compactados o cenizas; y
6. combinaciones de ellos.

Los requisitos del Reglamento de Rellenos Sanitarios D.S. N° 189/08 MINSAL con respecto a la impermeabilización basal son las siguientes:

Tabla 2‑6 Requisitos de Impermeabilización Basal de Rellenos Sanitarios

|  |  |
| --- | --- |
| **Hab. Servidos** | **Descripción** |
| > 100.000 hab. | Geomembrana de HDPE 1,5 mm o PE 0,75 mm  Arcilla compactada, kf=10-9m/s, e=60 cm  Barrera geológica, kf<=10-7m/s, e>= 3 m |
| 20.000 – 100.000 hab. | Arcilla compactada, kf=10-9m/s, e=60 cm  Barrera geológica, kf<=10-7m/s, e>= 3 m |
| <20.000 hab. | Barrera geológica, kf<=10-7m/s, e>= 5 m |

*.*

En muchos casos no hay arcilla natural con las características de permeabilidad requeridas, su costo puede ser elevado debido a las distancias de transporte y/o la compactación difícil debido a las condiciones climáticas.

* 1. Capa Superficial:

La capa superficial del relleno sanitario tiene varias funciones. Las principales son:

* Drenar las aguas superficiales y aguas lluvia hacia los lados del depósito, es decir prevenir la infiltración de aguas lluvia y así disminuir la generación de líquidos percolados;
* Impedir la salida no-controlada de gases; y
* Reintegrar el relleno al paisaje.
  1. Control de Gases:

En general, a partir del año dos o tres de operación de un relleno sanitario se producen gases a causa de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos depositados. Los objetivos de la captación y de un eventual tratamiento de los gases consisten en:

1. evitar las emisiones de sustancias nocivas contenidas en el gas;
2. controlar riesgos de incendios;
3. minimizar la emisión de gases invernaderos (metano).

Los sistemas de captación de gases pueden construirse en forma vertical u horizontal. Además, para impedir migraciones no controladas de los gases se considera una impermeabilización superficial del relleno y, en algunos casos, una ventilación forzada. Los gases inflamables se eliminan por medio de una antorcha de alta temperatura o se les utiliza para la generación de energía, eventualmente aplicando su purificación anterior.

* 1. Manejo de Líquidos Percolados:

Debido a los procesos de descomposición biológica, la humedad de los desechos y la infiltración de aguas lluvia, se generan líquidos percolados en el depósito de desechos.

Un manejo adecuado de los líquidos percolados incluye las siguientes medidas:

1. la operación debe considerar etapas con sectores definidos, con superficies reducidas
2. el cubrimiento diario de los desechos
3. la capa de impermeabilización de fondo
4. el manejo de aguas superficiales

En caso de existir una capa básica de impermeabilización, se requiere captar y evacuar los líquidos percolados acumulados en el fondo del relleno. De otro modo la acumulación de los líquidos llevaría a problemas de estabilidad del relleno o, en el caso de alguna falla en la impermeabilización, la infiltración al subsuelo.

En general, el tratamiento de los líquidos percolados, previa a la descarga a un cuerpo receptor o alcantarillado, contempla un tratamiento mecánico y biológico, en algunos casos se ocupan procesos físicos-químicos de precipitación, floculación o procesos de membrana.

* 1. Operación y Abandono:

La operación del relleno sanitario es una componente importante del concepto de multibarreras y comprende los siguientes elementos:

Plan de Operación:

Incluye la documentación del diseño del relleno sanitario con indicaciones de los sectores de depósitos de residuos, secuencia de relleno, operaciones para la incorporación de los desechos, los sistemas de control de líquidos percolados, gases, aguas lluvia y superficiales, monitoreo y programa de vigilancia, así como regulaciones esenciales para la operación del vertedero.

Controles en la Recepción:

Se refiere al pesaje, determinación del volumen, clasificación de los residuos, inspección visual y el análisis de muestras puntuales. Debe elevarse un registro de los parámetros más importantes, para evitar los depósitos de residuos industriales no-asimilables a los de origen domiciliario.

Incorporación de los desechos:

Debe realizarse con un mínimo de vacíos en los desechos depositados, es decir la compactación con un bulldozer o compactador de rodillas. De esta manera se minimizan los asentamientos posteriores, inestabilidades y se aprovecha de mejor forma la capacidad del depósito. En la medida que los sectores o celdas de desechos se completan se coloca una capa intermedia para evitar la generación de emisiones, olores o la proliferación de vectores sanitarios.

Monitoreo:

Comprende un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas, mediciones del asentamiento del relleno, mediciones meteorológicos, monitoreo de los caudales y de la calidad de los líquidos percolados, e instalaciones para la medición de la temperatura en la base del relleno sanitario. Se requiere la documentación de estos parámetros.

Plan de Cierre y Abandono:

Incluye la colocación de la capa final, revegetación de la superficie (con un espesor mínimo de 60cm), la operación de los sistemas de control de líquidos percolados y gases, entre otros.

En la mayoría de los casos entrará obligatoriamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), probablemente por un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

*Costos v/s Beneficios*

Dependiendo del tamaño del relleno sanitario, los costos de disposición final de los residuos varían entre $5.000 y $30.000 (considerando un tamaño de entre 50.000 y 300.000 habitantes servidos). La disposición final de los residuos en tierra prácticamente no tiene beneficios (fuera del servicio de disposición final); a contrario trae una serie de emisiones, riesgos y, por lo tanto, costos indirectos:

1. Potencial Pérdida de plusvalía de los terrenos aledaños (restricciones de uso);
2. Potencial Emisiones de olores;
3. Emisiones de gases invernaderos (metano, dióxido de carbono).

++Bien construidos y operados son una solución de baja complejidad técnica (salvo los mayores a 100 mil hab), y satisfactorio rendimiento ambiental.

Con excepción de las emisiones de gases invernaderos, es casi imposible valorizar estas externalidades. Una vez en operación y sobre la base de los volúmenes reales de biogases generados se recomienda evaluar la factibilidad de aprovechamiento energético.

1. Proceedings of the Safe Waste, 2011. [↑](#footnote-ref-1)
2. Valores porcentuales indican el porcentaje de residuos que incinera cada país respecto de la que produce. [↑](#footnote-ref-2)