



METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y ASIMILABLES

División de Evaluación Social de Inversiones

2013

ÍNDICE

I. ORIGEN, OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA METODOLOGIA		3
1.	El Ciclo de los Residuos Sólidos Domiciliarios	3
2.	Objetivos y Alcances de la Metodología	5
3.	Tipologías de Proyectos	5
II. TEORÍA SOBRE LA CUAL SE BASA LA METODOLOGÍA		8
1.	Identificación de los beneficios y costos del proyecto	8
2.	Horizonte de Evaluación	9
3.	Indicadores Económicos	10
4.	Momento Óptimo de la Inversión	11
5.	Tamaño Óptimo de la Inversión	11
III. PREPARACIÓN DE PROYECTOS		12
1.	Recopilación de antecedentes	12
2.	Estudio de la demanda	12
3.	Estudio de la oferta actual	17
4.	Déficit actual y proyectado (Balance Demanda - Oferta)	18
5.	Identificación del problema central	18
6.	Planteamiento de alternativas	19
7.	Preselección de alternativas	20
8.	Resumen de Información relevante del proyecto	21
IV. EVALUACIÓN		23
1.	Indicadores Económicos	23
2.	Determinación de los costos privados	24
3.	Determinación de los costos sociales	26
4.	Determinación de los Beneficios Privados	27
5.	Resumen de los resultados de la evaluación	28
V. EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE DISPOSICIÓN FINAL MANCOMUNADOS		29
ANEXO I	Marco Institucional y Legal	31
ANEXO II	Itemizado de Costos para el Proyecto de RSD	33
ANEXO III	Aspectos Técnicos de las Variables Relevantes de Considerar en la Metodología	37
ANEXO IV	Aspectos Técnicos de Proyectos de Disposición Final para Pequeñas y Medianas Localidades	41
ANEXO V	Ejemplo para el Cálculo del Tamaño del Relleno Sanitario	47
ANEXO VI	Pauta para la Estimación de la Tarifa por el Servicio de Disposición Final de Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario	50
ANEXO VII	Datos de Producción Per- Cápita de Ciudades	51
ANEXO VIII	Ejemplo Estimación de la Demanda Actual y Proyectada	52
ANEXO IX	Instrucciones para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Cierre de Vertederos	53

I. ORIGEN, OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA METODOLOGIA

La institucionalidad vigente en Chile a través de diversos cuerpos legales, entre ellos la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades y el Código Sanitario, le asignan a los municipios la función de recolección, transporte y disposición final de todos los residuos que se depositen o produzcan en la vía urbana, sean estos domésticos, comerciales, industriales, hospitalarios o de la construcción, los que deben ser eliminados de una manera adecuada, con autorización de la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva.

La recolección municipal incluye los residuos domiciliarios, comunales, comerciales, los de origen hospitalario y, dependiendo las cantidades, los residuos industriales asimilables a domiciliarios; los que en su conjunto se denominan Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD). En el cuadro 1.1 se detallan los distintos tipos de residuos sólidos según su origen.

CUADRO 1.1 Clasificación de los residuos sólidos según su origen

ORIGEN	TIPO DE RESIDUO
Residuos domiciliarios (Casas particulares):	<p>Residuos generados en los hogares consistentes en residuos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • residuos orgánicos biodegradables • materiales recuperables como vidrio, papel, cartón y metal • residuos especiales (con contenido de sustancias peligrosas), por ej.: pilas, envases de spray, químicos de hogar, etc. • residuos domiciliarios de tipo comercial • materiales voluminosos (muebles, chatarra, etc.)
Residuos comunales (Aseo público)	<p>Residuos derivados de las actividades de aseo de áreas públicas incluidos entre otros residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • polvo de calle, • residuos del barrido • depositados en los tachos de basura colocados por los municipios en la vía pública. • desechos vegetales provenientes de áreas verdes públicas (poda de árboles)
Residuos de actividades comerciales y de servicios:	<p>Constituido principalmente por :</p> <ul style="list-style-type: none"> • residuos comerciales tipo domiciliario (papel, cartón, metal, o residuos orgánicos biodegradables) • Otros servicios como hospitales (residuos no infecciosos), escuelas, cárceles, etc.
Residuos Actividades de la Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • escombros
Residuos Sólidos Industriales (RIS)	<p>Los residuos generados por la actividad industrial pueden clasificarse a su vez, de acuerdo a los riesgos asociados a su manejo, en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • RIS asimilables a los RS domiciliarios • RIS especiales • RIS peligrosos

1. El Ciclo de los Residuos Sólidos Domiciliarios

El ciclo del manejo de los RSD se compone de dos fases:

- i) **Generación:** consiste en el proceso de desechar aquellos materiales no deseados por parte de las familias, el comercio y actividades de servicios e industriales, quienes disponen en la vía pública sus residuos, de acuerdo a la normativa municipal (ordenanzas municipales), para su recolección.
- ii) **Gestión:** es el conjunto de operaciones encaminadas a darles el destino final más eficiente a los RSD, considerando los aspectos ambientales, sanitarios y económicos. Comprende las etapas de:
 - **Recolección:** esta etapa consiste en retirar los RSD desde los puntos de generación (de acuerdo a lo indicado en la ordenanza municipal, puede existir recolección puerta a puerta de contenedores unifamiliares o la recogida de residuos de contenedores que dan servicios a múltiples generadores).
 - **Transporte:** esta etapa consiste en trasladar la basura recolectada por cada camión hasta su lugar de destino –ya sea una planta de tratamiento o directamente al sitio de disposición final- o bien, hasta las llamadas estaciones de transferencia, donde los RSD son transbordados a camiones de mayor capacidad y tonelaje para transportarlos a su lugar de destino, esto último a menor costo por tonelada transportada.
 - **Tratamiento:** los tratamientos son sistemas productivos que utilizan los RSD como materia prima y que, en su proceso, generan a su vez desechos que requieren de un lugar de disposición final. Así, contribuyen a disminuir la cantidad de residuos que deben ser eliminados, prolongando la vida útil de los sitios de disposición final. Los tratamientos más conocidos son la incineración y el compostaje.
 - **Disposición final (relleno sanitario):** independiente de la existencia de plantas de tratamiento, siempre es necesario contar con un sistema de disposición final, ya sea para los residuos generados por estos tratamientos o para la disposición directa en terreno de los RSD.

En cuanto al **Reciclaje**, la Política Nacional de RSD establecida en año 2005 por la CONAMA, estipula la necesidad de reducir la cantidad de residuos que se deposita en los recintos de disposición final; esto se puede lograr recuperando materiales y aprovechando la materia prima y energía latente de los residuos factibles de reciclar y reutilizar.

Si bien la legislación vigente asigna a los municipios las tareas de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios, en las ciudades éstas cuentan con el apoyo de empresas privadas que entregan los diversos servicios señalados, por lo que en estos casos el rol del municipio está acotado a la contratación del servicio a la empresa más eficiente. Sin embargo, en las pequeñas y medianas localidades los municipios deben asumir un rol más activo, ya que el menor volumen de residuos sólidos generados desincentiva a los privados a emprender proyectos de prestación de servicios de disposición final.

2. Objetivos y Alcances de la Metodología

La presente guía metodológica tiene por finalidad apoyar a los municipios de pequeñas y medianas localidades¹ en la preparación y evaluación de proyectos de disposición final de residuos sólidos domiciliarios, incluyendo también, según corresponda, las etapas de transporte, tratamiento, reciclaje y transferencia.

No obstante lo anterior, como metodología general esta guía es también válida para aplicar a localidades de más de 80.000 habitantes, haciendo las debidas correcciones y teniendo presente que para proyectos de mayor envergadura debe exigirse una mejor calidad de la información utilizada en la preinversión.

Además, este documento pretende ayudar a la toma de decisiones mediante la determinación del costo para la sociedad y para el municipio, de la disposición final de los RSD, así como entregar una pauta para la estimación de la tarifa requerida por el privado para cubrir los costos de operación y mantención del servicio.

3. Tipologías de Proyectos

Dependiendo de la contingencia propia de cada comuna, se pueden originar diversas tipologías de proyectos:

i. Proyecto de construcción del relleno sanitario

Este tipo de proyecto tiene por objeto dotar de un relleno sanitario que cumpla con las normativas y cuente con las autorizaciones pertinentes a una comuna o localidad desprovista totalmente de éste.

Esta tipología se encontrará cada vez que el sistema de disposición existente no cumpla la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades o el Código Sanitario y/o el D.S. 189, de disponer los desechos RSD en un relleno sanitario bajo las normas (criterios) allí establecidas. En la práctica, siempre existe algún sistema de disposición final, aunque éste no cumpla con las condiciones establecidas en las normativas sanitarias, ambientales, de uso del suelo o de los planos reguladores.

La construcción de un servicio de disposición final (relleno sanitario) comprende desde el dimensionamiento de las necesidades de la comuna, la localización del sitio de disposición final, la habilitación, la operación, hasta el plan de cierre que incluye la recuperación del área afectada una vez concluida la vida útil del proyecto.

En esta instancia es posible también considerar la posibilidad de explotar las economías de escala existentes en la etapa de disposición final, mediante el dimensionamiento de un vertedero mancomunado que dé solución a varias localidades.

¹ Se entenderá por pequeña localidad, aquellas que tengan menos de 20.000 habitantes y por mediana localidad, aquellas cuya población se encuentre entre 20.000 y 80.000 habitantes.

ii. **Proyecto de mejoramiento del relleno sanitario**

Este tipo de proyecto tiene como objetivo mejorar la calidad del servicio de disposición final ya existente.

El aumento en la calidad debe dar cumplimiento a los estándares establecidos en DS N°189/2005 del Ministerio de Salud, mediante el cual se promulgó el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios, a través del mejoramiento de uno o más elementos del sistema; por ejemplo, impermeabilización, mejoramiento de la cobertura, cerco verde; o en varios a la vez, como en aquellos casos en que se realiza un mejoramiento integral del sistema (este último debe evaluarse, ya que podría significar un nuevo proyecto de relleno sanitario, correspondiendo entonces a otra tipología de proyecto).

iii. **Proyecto de ampliación del relleno sanitario**

Este tipo de proyecto consiste en aumentar la capacidad de un relleno sanitario existente y que cumple con los estándares de calidad establecidos por la legislación vigente. El aumento en la capacidad se puede realizar mediante un aumento en la superficie destinada al vertedero o bien mediante la incorporación de elementos mecánicos que mejoren la operación técnica, o la instalación de elementos para selección y recuperación de los residuos sólidos no orgánicos o la instalación de una planta de compostaje para los residuos sólidos orgánicos.

iv. **Proyecto de cierre del vertedero o basural**

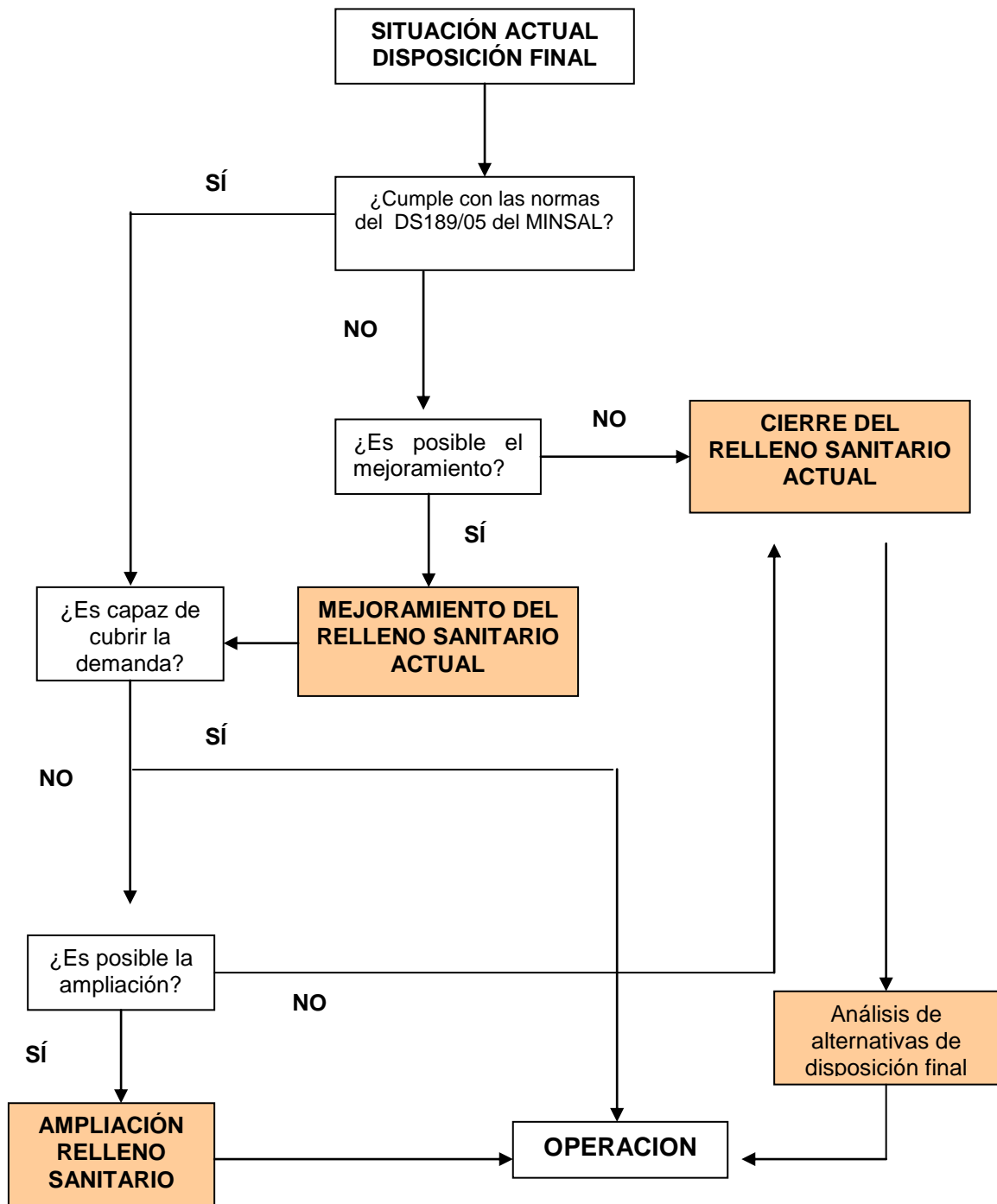
Cuando un sitio en operación no puede cumplir a cabalidad con el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios, es posible establecer un plan de cierre que considere el mejoramiento de la operación del basural, ajustándose, en aquellas materias factibles de cumplir, a dicho reglamento, por un período suficiente para la habilitación de un nuevo proyecto de relleno sanitario que cumpla a cabalidad con el mencionado DS 189/2005 del MINSAL

v. **Otros proyectos**

Es necesario destacar que todas las tipologías descritas previamente pueden incluir tanto proyectos de estaciones de transferencia como de tratamiento o reciclaje. De igual forma, para cada una de estas tipologías es posible plantear proyectos individuales o mancomunados (que agrupen varias comunas).

En el cuadro 1.2 se muestra esquemáticamente el análisis que se debe realizar para determinar la tipología de proyecto.

Cuadro 1.2 Tipología de Proyectos



II. TEORÍA SOBRE LA CUAL SE BASA LA METODOLOGÍA

La demanda individual por servicios de aseo representa la disposición a pagar de un hogar por deshacerse de un producto o un bien, o parte de él, no deseado luego de su consumo; es decir, la demanda por servicios de aseo es una "demanda derivada" del consumo de todos los bienes y servicios de la economía a los que los usuarios tienen acceso.

De acuerdo a la Ley Orgánica de Municipalidades están automáticamente exentos del pago de los servicios de aseo aquellos usuarios cuya vivienda o unidad habitacional a la que se otorga el servicio, tenga un avalúo fiscal igual o inferior a 25 unidades tributarias mensuales. Dado que en los municipios con poblaciones pequeñas y medianas, se concentra una proporción mayor de viviendas exentas de dicho pago, existe poco o ningún interés por parte de estos municipios por establecer sistemas de cobro, por lo que finalmente el costo del servicio es asumido prácticamente en su totalidad por los municipios. La consecuencia de esta situación es que estos servicios permanentemente se encuentran desfinanciados, poniendo en riesgo la continuidad y la calidad de los servicios de aseo, incluyendo, en especial, las instalaciones de disposición final de residuos sólidos.

En la actualidad, en Chile no existe un mecanismo de cobro en función de la cantidad de residuos sólidos generados por un hogar, por lo que en la práctica los hogares no tienen mayores incentivos a disminuir la generación de residuos, ya sea por ejemplo a través del reciclaje o de la compra de bienes con envases retornables.

Debido a la obligación legal que tienen los municipios de hacerse cargo de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios de su comuna, deben asumir las demandas individuales de las personas que la conforman, transformándose así en el verdadero y único demandante del servicio de deshacerse de los RSD. Por lo tanto, su demanda agregada es la suma horizontal de todas las cantidades demandadas al precio de cero.

Dado que los residuos son la porción no deseada de los bienes que se consumen, es evidente que a mayor cantidad de consumo, mayor será el volumen de residuos generados. Por lo tanto, es posible establecer una relación directa entre nivel de ingreso y la generación de residuos, ya que mientras mayor es el nivel de ingreso de la población, mayor es su nivel de consumo y, por lo tanto, mayor es la generación de residuos.

1. Identificación de los beneficios y costos del proyecto

1.1 Beneficios y costos privados

Los beneficios y costos privados dependerán del agente que realiza la evaluación y del tipo de decisión que se requiere tomar; desde este punto de vista, es posible identificar dos agentes relevantes:

- Municipio: dado que la responsabilidad legal de la gestión de los RSD es del municipio y que éstos son instituciones sin fines de lucro, el objetivo de ellos es responder a la exigencia legal al menor costo posible. Para cumplir esta labor, el municipio puede realizar todas las actividades en forma autónoma o bien, contratar algunas o todas las etapas de la gestión de los RSD a terceros.

Dado que esta metodología tiene como ámbito la formulación de proyectos de disposición final en pequeñas y medianas localidades, se supone que será función del municipio definir la localización y tamaño óptimos del vertedero. Por lo tanto, los costos y beneficios a considerar serán aquellos que percibiría el municipio por la gestión de los RSD, todos ellos valorados a precios de mercado. En el caso de que el municipio utilice recursos propios, el valor de ellos quedará determinado por su valor alternativo.

- Empresario privado: puede ser relevante analizar también la conveniencia para un empresario privado de realizar inversiones tendientes a prestar el servicio de disposición final o bien. La función objetivo del empresario es maximizar su utilidad económica; por lo tanto, los costos relevantes serán todos aquellos en que éste incurra, incluyendo también el impuesto a la renta. Los beneficios que éste percibirá corresponden a los ingresos por disposición de residuos en el vertedero y, en el caso que sea atingente, los provenientes del reciclaje, compostaje y de otros servicios asociados a la actividad del vertedero.

1.2 Beneficios y Costos Sociales

Desde el punto de vista social, los beneficios de un proyecto de disposición final de residuos sólidos domiciliarios consisten en:

- Preservación de la salud de la población,
- Atenuación de daños ambientales y,
- Mejoramiento de la estética de la ciudad, entre otros.
- Mejoramiento en el valor paisajístico de las zonas recuperadas.

Este tipo de beneficios son de difícil valoración; sin embargo, dado que la ley le asigna al municipio la obligación de disponer adecuadamente los RSD, existe un planteamiento explícito de la conveniencia social de disponer los residuos generados en una comuna.

Los costos sociales de un proyecto de disposición final de RSD corresponden a los costos directos (inversión, costos de operación y mantención, cierre, entre otros) e indirectos (por ejemplo, congestión) generados por el proyecto y corregidos por los precios sociales establecidos por el Ministerio de Desarrollo Social.

2. Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación corresponde al período de tiempo para la cual se hará la evaluación del proyecto. En general, el horizonte de evaluación utilizado es menor o igual a la vida útil económica de las obras.

En el caso de que el horizonte de evaluación sea menor que la vida útil del proyecto, entonces hay que estimar su valor residual al término del horizonte de evaluación. Dicho valor debe registrarse como un beneficio.

Se sugiere utilizar un horizonte de evaluación de 20 años para este tipo de proyectos, ya que en un período mayor de tiempo se pueden ver alterados en forma significativa los supuestos utilizados en la evaluación (tecnología, tasa de generación y composición de los residuos, entre otros).

3. Indicadores Económicos

En proyectos en que se pueda identificar, cuantificar y valorar claramente los beneficios y costos se utiliza la metodología costo – beneficio, que consiste en calcular el valor actualizado de los flujos de beneficios netos, a lo largo de su vida útil, que generará el proyecto (privado o social), entendiendo como beneficios netos a la diferencia entre ingresos y costos.

En el caso del manejo de residuos sólidos, y en especial de la disposición final, es particularmente difícil estimar y valorar los beneficios.

En proyectos en que resulta difícil medir sus beneficios netos, es también difícil medir su rentabilidad; sin embargo, si se sabe que los beneficios del proyecto son altos, desde un punto de vista de las necesidades sociales que deben ser satisfechas, se utiliza la metodología costo – eficiencia, que consiste en proveer el bien o servicio a través de la alternativa de proyecto que provea los mismos beneficios pero a un menor costo.

En el caso de los residuos sólidos, esta metodología asume que se entrega un beneficio que está fuera de discusión, vale decir, que es socialmente necesario que el servicio sea provisto; por tal motivo, no se considera necesario la cuantificación de los beneficios del proyecto. Es decir, la autoridad asume que el proyecto genera una serie de beneficios, aunque ellos no se puedan cuantificar.

Es así que en la aplicación de esta metodología (costo eficiencia) se requiere que las diferentes opciones de proyecto presenten condiciones de satisfacción iguales; es decir, que los proyectos alternativos entreguen el mismo beneficio.

El enfoque costo eficiencia relaciona el costo del proyecto con algún indicador de actividad. En esta metodología de disposición de residuos sólidos, se toma como indicador de actividad el total de toneladas dispuestas durante la vida útil del relleno sanitario.

Tanto desde el punto de vista social como de la Municipalidad, el indicador relevante para la toma de decisiones de inversión en proyectos de disposición de residuos sólidos, es el **costo por tonelada dispuesta (CTD)**, que es igual al VAC dividido por el número de toneladas dispuestas. Esta última es la suma de las toneladas dispuestas en el vertedero y de las toneladas de tratamiento intermedio, si lo hubiere. Para el cálculo del VAC se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

En que “n” es el número de años del horizonte de evaluación; r es la tasa de descuento; VAC es el valor actual del flujo de costos descontado a la tasa r; I₀ es la inversión inicial; C_t es el costo de operación, mantención y transporte en el período t.

Para determinar la conveniencia para el empresario privado de invertir en proyectos de disposición de residuos sólidos, corresponde realizar una evaluación costo-beneficio y calcular el indicador VAN:

$$\text{Valor Actual Neto (VAN)} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

4. Momento Óptimo de la Inversión

Si se posterga la ejecución de un proyecto de inversión en un relleno sanitario, también se postergan los beneficios que éste produce. Es deseable que en todo momento una población cuente con un sistema de disposición de los residuos generados. El momento óptimo de la inversión está asociado a las posibilidades de medir los beneficios del proyecto, de modo de ejecutarlo cuando el valor actual de los beneficios netos sea el máximo.

En el caso de proyectos en que no es posible la cuantificación de los beneficios, tampoco es posible la determinación del momento óptimo de la inversión.

5. Tamaño Óptimo de la Inversión

El tamaño óptimo del proyecto consiste en determinar aquel tamaño que minimiza el costo actual del proyecto, a igualdad de productos (o beneficios sociales), que en el presente caso consistiría en lograr una disposición sanitaria y ambientalmente adecuada a todos los residuos sólidos generados en la comuna. Esto es equivalente a determinar el período de previsión óptimo.

Por período de previsión se entiende el número de años en que el proyecto cubrirá la demanda que se va generando. A partir de ese año en adelante, el sistema no tendrá capacidad para abastecer a los nuevos usuarios que se incorporen, sin deteriorar el servicio para los usuarios antiguos o sin generar mayores costos tanto económicos como sanitarios y/o ambientales.

En el caso de la inversión en rellenos sanitarios, se debe comparar distintos cronogramas de inversión, en forma tal que entreguen los mismos volúmenes de productos o servicios, es decir, la disposición final de determinadas toneladas o m³ de residuos sólidos, en un período de tiempo (mes o año). Así, se apreciará que el tamaño óptimo será aquel que se haya incluido en el cronograma que arroja el menor costo actual por tonelada tratada.

III. PREPARACIÓN DE PROYECTOS

Esta fase implica preparar un número de alternativas de proyectos equivalentes, al nivel de perfil. Se debe entender por “proyectos equivalentes”, aquellos que generan un servicio idéntico. Esto es, cada uno de ellos permite disponer igual cantidad de residuos sólidos por unidad de tiempo (por mes o año) con igual calidad. La diferencia básica entre ellos será el costo y la vida útil.

Se debe tener presente que cada proyecto presenta dificultades distintas que emergen de las particulares características climáticas, topográficas, administrativas, geográficas, demográficas, etc. del lugar en que se deba desarrollar. Por lo tanto, el énfasis en algunos aspectos específicos dependerá de cada proyecto.

1. Recopilación de antecedentes

Estos pueden consistir en estudios previos de localizaciones posibles para rellenos sanitarios o información respecto a la calidad de los suelos en el área no urbana cercana a la ciudad, análisis de la accesibilidad de las distintas áreas posibles, planos reguladores, proyección del crecimiento del área urbana, estudios de prefactibilidad anteriores, estudios básicos de la zona en que se ubicará el proyecto, recopilación bibliográfica sobre el tema y entrevistas a profesionales expertos que tengan experiencia en este tipo de proyectos.

Esto permitirá tener un conocimiento del área, de su población, del servicio de disposición final e intermedia existentes y de los servicios relacionados, como por ejemplo, la recolección y el transporte de los residuos sólidos domiciliarios (RSD).

2. Estudio de la demanda

En la práctica, un estudio acabado de la demanda es complejo, costoso y en muchos casos, difícil de realizar por falta de series de datos estadísticamente confiables.

En términos prácticos, la demanda actual se determina en función del número de personas generadoras de residuos residenciales, el número y tamaño de establecimientos comerciales e industriales que generan residuos asimilables a domiciliarios y la superficie de parques, jardines y áreas verdes en general.

Por consiguiente, se debe identificar los grupos de consumidores de características homogéneas, considerando el tipo de consumo (residencial, comercial, e industrial) y el nivel socioeconómico de los consumidores del servicio. La tasa de producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios varía aproximadamente entre 0,5 Kg/persona/día y 1.0 Kg/persona/día, dependiendo del nivel socioeconómico. En general, a mayor ingreso, mayor es la tasa de producción per cápita.

Por otra parte, se debe tener presente que la demanda por disposición de RSD, por lo general, tiene un comportamiento estacional. Por ejemplo, en las localidades balneario, aumenta la generación de RSD durante el período de verano, debido a la mayor población de la zona. En estos meses es también posible apreciar un mayor contenido de materia orgánica en los desechos.

2.1 Estimación de la demanda actual

Para estimar la demanda actual de RSD en una localidad, es posible utilizar alguno de los siguientes métodos:

i) Estimación a partir de registros de toneladas depositadas en relleno sanitario

- Información histórica de volúmenes o toneladas depositadas en el relleno sanitario actual: En algunas ocasiones es posible obtener esta información de los registros existentes al ingreso del relleno o bien de las empresas encargadas de la recolección y transporte de los RSD, por lo que si se conoce la población que es atendida por el servicio de recolección, es posible estimar una dotación de producción per-cápita de RSD (PPC) de la siguiente forma:

$$PPC(kg / persona - dia) = \frac{TAD(ton / año) \times 1.000(kg / ton)}{P(personas) \times 365(dias / año)}$$

Donde P es la población atendida por el servicio de recolección y disposición y TAD es el total de toneladas anuales dispuestas en el relleno sanitario o vertedero existente. Si sólo existe registro del volumen anual depositado (VAD) y se conoce la densidad (D) de los residuos ingresados a vertedero, es posible obtener una estimación de las TAD mediante el siguiente procedimiento:

$$TAD(ton / año) = \frac{VAD(m3)}{D(ton / m3)}$$

ii) Estimación a partir del proceso de recolección

- Información del proceso de recolección: En el caso de que no exista un registro estadístico de los volúmenes o toneladas depositadas en vertedero, es posible aproximarse al valor de generación per-cápita a partir de la información del proceso de recolección.

Este método requiere conocer los siguientes datos:

- Número de viajes al relleno (V): Corresponde al número promedio de viajes a la semana que realizan los camiones recolectores al lugar de disposición final o, eventualmente, a la estación de transferencia existente. Es necesario determinar si este valor es constante durante todo el año o si tiene variaciones estacionales; en este último caso es necesario determinar la duración de cada período.
- Capacidad del camión (C): Corresponde a la capacidad volumétrica (m³) de cada tipo camión recolector (t) existente.
- Densidad de compactación del camión (D): Es necesario determinar el método de compactación para cada tipo de camión recolector (t) existente y a partir de esa información, su densidad de compactación (ton/m³). De no existir información específica disponible, es posible utilizar la información del Cuadro N° 3.1.

CUADRO 3.1: Densidad de Compactación de Residuos Sólidos Generados

Tipo vehículo	Rango Densidad (ton/m3)
Camión con caja compactadora	0,50 – 0,65
Camión con residuos acomodados y compactados por peso propio	0,30 – 0,35
Camión con residuos sin acomodar y compactados por peso propio	0,25 – 0,30

Fuente: SIGA (2001), "Proyecto implementación relleno sanitario intercomunal- VII Región".

- Porcentaje de ocupación del camión (O): Corresponde al porcentaje promedio semanal de uso efectivo de la capacidad para cada tipo de camión (t). Esto se puede estimar a partir de observación directa.
- Población atendida (P): Población que es atendida por el servicio de recolección en esa localidad.

Con esta información, la producción per-cápita de una semana típica de un determinado período (i) se puede obtener de la siguiente forma:

$$PPCi(kg / persona - dia) = \frac{\sum_{i=1} Vt(viajes / semana) \times Ct(m3 / viaje) \times Dt(ton / m3) \times Ot \times 1.000(kg / ton)}{P(personas) \times 7(dias / semana)}$$

La producción per-cápita (PPC) promedio anual se puede obtener como el promedio ponderado de los distintos períodos, donde el ponderador es la proporción que la duración de ese período representa del total del año (en el Anexo VIII se presenta un ejemplo de este método).

Se debe tener presente que la existencia de vertederos clandestinos puede llevar a que estos métodos subestimen la demanda real del servicio de disposición final. Sin embargo, esto será relevante para fines del proyecto sólo si es que éste puede capturar parte de esa demanda, en cuyo caso se sugiere ajustar la PPC mediante el siguiente procedimiento:

$$PPC^* = PPC \times (1 + TVC/TRS)$$

Donde PPC* representa la producción per-cápita ajustada por el efecto de la disposición en vertederos clandestinos, TVC representa las toneladas anuales depositadas en vertederos clandestinos que es capturada por el proyecto y TRS corresponde a las toneladas anuales depositadas en el relleno sanitario.

iii) Muestreo a partir de la generación en domicilios

Para obtener la PPC a partir de la generación en los domicilios, se deben realizar muestreos en terreno, considerando al menos los siguientes aspectos:

- Determinación de un número de población representativa a través de la teoría del muestreo estratificado proporcional.
- Determinación de las zonas de muestreo y estratos sociales (de estar diferenciado).
- Realización de actividades de entrega y recolección de RSD por día (con la información obtenida de la cantidad (kg) de RSD y el número de habitantes por domicilio se puede obtener la PPC).
- Determinación y proyección del incremento o disminución de la PPC por cambio estacional.

2.2 Proyección de la demanda

Una vez determinada la demanda actual del servicio de disposición final de RSD, es necesario proyectarla en el horizonte de evaluación del proyecto.

Lo anterior, implica determinar la tasa de crecimiento de la generación de residuos de cada uno de los agentes generadores de RSD presentes en la comuna (sector residencial, comercial y servicios, industrial y de la construcción), lo cual depende de la evolución de cada uno de estos sectores. Así, en el caso de los residuos de origen residencial y comercial, su tasa de crecimiento dependerá principalmente del crecimiento de la población y del ingreso disponible; para el caso de los residuos hospitalarios, su tasa de crecimiento será función de la evolución de la atenciones prestadas en la zona; finalmente, la evolución de los residuos industriales dependerá del crecimiento que experimente la actividad industrial en la localidad.

Sin embargo, la conveniencia de hacer una proyección desagregada por tipo de residuo, dependerá de la importancia relativa de cada uno de ellos en el total de los RSD generados en la comuna y del acceso a información que permita una adecuada estimación de su crecimiento futuro.

Para la generalidad de las localidades pequeñas y medianas de Chile, el sector residencial y comercial representa la principal fuente de generación de residuos sólidos que requieren disposición final y su tasa de crecimiento se puede proyectar considerando los siguientes aspectos:

- Variación de la población: Además de la tasa de crecimiento vegetativo, se debe considerar otros antecedentes que influyan en el crecimiento de la población de la localidad en estudio; por ejemplo, planes de construcción de nuevas viviendas que impliquen un aumento de la población en el sector.
- Variación del ingreso de la población
- Cobertura de recolección de RSD.
- Efecto de campañas de educación ambiental o de reciclaje en origen.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los factores que más influye en la generación de residuos, después del crecimiento de la población, es el factor económico, el cual se puede medir a través del nivel de ingreso de la población. En este sentido existen dos métodos que permiten calcular la producción per cápita (PPC) futura de residuos en función de este factor. El primero utiliza información histórica de PPC de RSD y la relaciona con el ingreso bruto per

cápita (IBP). Por ejemplo, en el estudio realizado por MIDEPLAN² para las ciudades de Antofagasta, Concepción, Talcahuano y Penco se obtiene una relación del siguiente tipo:

$$PPC = a + b \times \ln(IBPre)$$

Donde a y b son los coeficientes obtenidos de la regresión e IBPre corresponde al ingreso bruto per cápita regional. De esta forma, si se dispone de una estimación del IBP regional para cada año del horizonte de evaluación, reemplazando este valor en la ecuación se obtiene un valor de PPC para cada uno de los años. Sin embargo, en el caso de pequeñas y medianas localidades, por lo general no existe información histórica confiable sobre la PPC de residuos, por lo que este método no es aplicable.

El segundo método de proyección considera un análisis de la PPC según los diferentes estratos socioeconómicos de las comunas en estudio, proyectando los residuos por medio de un modelo basado en las tendencias de PPC presentadas en cada estrato. Utilizando en forma conjunta información del año 2000 de la Empresa Metropolitana de Residuos Sólidos (EMERES) sobre la producción de RSD de las comunas de la Región Metropolitana y la información de ingreso promedio del hogar de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN 2000, MIDEPLAN), se obtuvo la caracterización de la PPC por nivel de ingreso del hogar que se presenta en el Cuadro 3.2.

CUADRO 3.2 Clasificación socioeconómica de comunas

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	NIVEL DE INGRESO* (I)
Nivel Alto (A)	$I > 1.800.000$
Nivel Medio (M)	$\$850.000 < I < \$1.800.000$
Nivel Bajo (B)	$I < \$850.000$

Fuente: Elaboración propia a partir de información de EMERES y Encuesta CASEN 2000

* Valores en moneda de Diciembre de 2011

En caso de que la comuna en estudio no se encuentre dentro de las comunas encuestadas por la CASEN, se sugiere utilizar el valor de una comuna de características similares a la que está siendo estudiada.

Con esta información se debe decidir sobre cuál es la tasa que más se ajusta a la realidad de la localidad en estudio, de acuerdo al cuadro siguiente:

CUADRO 3.3 Determinación de la tasa de crecimiento media anual de generación per cápita de RSD

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	GENERACIÓN (KG/HAB/DÍA)	RANGO TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL (%)	TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL SUGERIDA (%)
Nivel Alto (A)	1,38	0 – 1%	0,5%
Nivel Medio (M)	1,05	1 – 2,5%	1,8%
Nivel Bajo (B)	0,88	2,5 – 4,5%	3,5%

² MIDEPLAN (1997). “Residuos Sólidos: Estudios y Planes de Manejo”.

La generación per cápita de residuos está estrechamente relacionada con el consumo per cápita, el cual depende, a su vez, del ingreso disponible de las personas. Este es mayor en el nivel socioeconómico alto y decrece hacia los niveles inferiores. A cada nivel se le ha asignado un rango de tasa de crecimiento media efectiva en el horizonte de evaluación de la instalación. Si bien, en estricto rigor, la tasa es variable en el tiempo, no se comete error (o el error no es significativo) al aplicar una tasa de crecimiento media como la indicada en el cuadro 3.3 anterior para pequeñas y medianas localidades.

Consecuentemente, se deberá determinar a qué estratificación socioeconómica pertenece la zona en estudio y elegir la correspondiente tasa de crecimiento de la PPC. Si el evaluador considera que existe una clara diferenciación socioeconómica en su comuna y cuenta con los antecedentes, se debe realizar una simple ponderación de acuerdo a los porcentajes de población asignados a cada nivel socioeconómico.

Para ver tasa de Generación asociadas a caracterización socio-económica se sugiere ver el **“Estudio Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana”, CONAMA 2006.**

A modo referencial, en el anexo VII se resumen los resultados de la producción per cápita de los residuos sólidos domiciliarios obtenidos en los estudios realizados por MIDEPLAN³ en las distintas regiones del país. Estos datos sirven como base para realizar las proyecciones de producción per-cápita de los residuos sólidos domiciliarios.

En cuanto al crecimiento demográfico, se puede utilizar las tasas históricas obtenidas del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para cada localidad.

En el Anexo VIII se presenta un ejemplo para el cálculo de la proyección de la demanda (Proyección de generación de RSD).

Finalmente, la demanda total se obtiene como la sumatoria de las demandas de las diferentes fuentes de residuos sólidos, descontado los residuos utilizados en tratamientos intermedios y que no requieren disposición final.

$\text{Demanda total} = \text{residuos domiciliarios} + \text{residuos comerciales y servicios} + \text{residuos industriales} + \text{residuos viarios} - \text{residuos utilizados en tratamientos y reciclaje}$
--

3. Estudio de la oferta actual

El estudio de la oferta actual consiste en realizar un análisis del servicio de disposición final de residuos sólidos existente, desde un punto de vista físico y operativo.

Se debe conocer en detalle la infraestructura que posee el servicio, estableciendo el grado de cumplimiento con todas las normativas e identificando las carencias tanto sanitarias y ambientales, como operativas y técnicas.

Desde el punto de vista físico, el análisis del servicio debe considerar los años de operación y vida útil remanente del sitio, estado de conservación de las principales obras y antecedentes

³ “Residuos Sólidos: Estudios y Planes de Manejo”. Volúmenes 1, 2 y 3. Ministerio de Planificación y Cooperación. 1997 a 1999.

técnicos como volumen actual acumulado de RSD, existencia de drenes de aguas y gases, evidencia de lixiviados.

Se debe precisar la forma de administración actual del sistema, ya sea por concesión o administración directa del municipio, identificando los recursos de personal y material asignados, la organización y la forma de control.

Con el propósito de conocer la eficacia actual del servicio, conviene conocer los eventuales impactos sobre el medio ambiente del vertedero y la presencia de microbasurales clandestinos, su ubicación, tamaño y composición. La corrección de las falencias encontradas constituyen objetivos a ser superados en la preparación de proyectos.

Tanto el Ministerio de Salud (MINSAL) como la Comisión Nacional del Medio Ambiente ([CONAMA](http://www.conama.cl)) ha desarrollado en los últimos años, catastros sobre la situación de los basurales y rellenos sanitarios en el país, los que poseen información útil para caracterizar la oferta existente. Para esto ver www.conama.cl y www.minsal.cl

4. Déficit actual y proyectado (Balance Demanda - Oferta)

El déficit actual se determinará basándose en la demanda obtenida según lo señalado en el punto 2 y la situación actual de utilización del servicio (oferta, indicado en punto 3). Del mismo modo, comparando la oferta proyectada bajo las condiciones del proyecto actual con la demanda proyectada, es posible estimar el déficit proyectado. La oferta proyectada debe considerar la capacidad remanente de la actual infraestructura, más el ingreso de nuevos proyectos de los que se tenga conocimiento.

5. Identificación del problema central

A partir de la información del diagnóstico realizado, se debe identificar el **problema central** que afecta la disposición final de los RSD. Este problema debe ser formulado como un estado negativo (por ejemplo, “deficiente servicio de disposición final de RSD”).

Para la adecuada formulación del proyecto, es conveniente también identificar las causas y los efectos del problema central detectado. De esta manera, al estudiar las causas del problema es posible identificar alternativas de solución que permitirán resolverlo y de esta forma, evitar los efectos que ese problema generaba sobre la comunidad (beneficios del proyecto).

Cabe destacar que en Chile el principal problema asociado a la deficiente disposición final de los RSD dice relación con la mantención de basurales que producen grave deterioro en la calidad de vida de la población vecina a éstos, producto de la emanación de malos olores desde las basuras y de humo generado por la quema de éstas, la proliferación de vectores de interés sanitario y la contaminación de fuentes de agua potable. Así mismo, existen en muchos de estos basurales trabajadores informales que ponen en riesgo su bienestar al trabajar en condiciones de higiene y seguridad precarias, los que además, en el desarrollo de sus actividades, impiden el normal funcionamiento de la maquinaria pesada en estos sitios por lo riesgos de accidentes que provocan.

6. Planteamiento de alternativas

6.1 Configuración de alternativas

Una vez terminado el diagnóstico, se debe idear y configurar la solución al problema detectado de disposición final de los residuos sólidos domiciliarios. La solución óptima saldrá del conjunto de proyectos alternativos que se plantee. Estos deberán cubrir las necesidades insatisfechas por el sistema actual de disposición final y deberán ser capaces de proporcionar el mismo nivel de servicio, es decir, uno de igual calidad y oportunidad en la prestación del servicio, partiendo de condiciones distintas (proyectos distintos).

En el anexo IV del presente documento se presentan resumidas las características técnicas más típicas de los proyectos que puedan ser considerados en las localidades en que se deba aplicar la metodología.

Con el objeto de orientar al proyectista o equipo que formulará el proyecto a evaluar, es posible indicar que las variables que determinarán las alternativas de proyecto son las siguientes:

- **Tecnología:** La operación del relleno sanitario puede ser manual o mecanizada, de acuerdo a lo indicado en el D.S. 189 del MINSAL.
- **Tamaño:** Si bien el tamaño de un vertedero también se encuentra influenciado por la tecnología utilizada, existen variables como la vida útil del relleno sanitario (período de previsión), el ámbito mancomunado o individual de la solución y la incorporación de reciclaje o compostaje, que determinarán el tamaño del proyecto y el requerimiento de espacio asociado.
- **Localización:** La existencia de diversas alternativas de localización generará distintas alternativas de proyecto.

Dado que estas variables se encuentran relacionadas, en teoría existirán tantas alternativas de proyecto como combinaciones posibles existan.

Así, para la modalidad relleno sanitario mancomunado y modalidad aislado, se debe plantear distintos sitios posibles, en función del conocimiento que se tiene del área, lo que implica una idea preliminar de su factibilidad técnica, legal y ambiental, una pre concepción de su vida útil, análisis de consideraciones topográficas, hidrológicas, de vientos predominantes, distancias de transporte, etc. En cada sitio posible, surgen alternativas de operación manual o mecanizada, y para cada una de ellas, puede existir reciclaje o compostaje o ambos.

Esto puede conllevar a la configuración de un número apreciable de proyectos alternativos que servirán de base a la evaluación. No obstante, conviene efectuar una labor de preselección, como se indica más adelante.

6.2 Determinación del tamaño y vida útil del proyecto

Por su importancia en la configuración de proyectos alternativos y por la estrecha relación entre sí, el sitio y la vida útil del proyecto merecen un análisis especial.

La vida útil corresponde al tiempo en que se alcanza la capacidad máxima de disposición final del relleno sanitario, la que incluye los asentamientos que se producirán producto de la estabilización de los residuos y de su propio peso, por tanto la vida útil efectiva dependerá de

las condiciones de operación, las cantidades y tipos de residuos recibidos y de los procesos de estabilización al interior del relleno.

A título indicativo, un nuevo relleno sanitario puede planificarse para que dure entre 15 a 25 años. La vida de cada sección, o área parcial del sitio, puede situarse en torno a los 3-5 años. Los residuos pueden depositarse hasta alcanzar una altura de entre 5 y 15 metros, dependiendo de la topografía y el espacio disponible (las alturas máximas se determinan en función de la pendiente dadas por el DS 189). Con una altura de 10 metros y si se compactan manualmente los residuos (hasta una densidad de aproximadamente 0,5 ton/m³), la superficie necesaria será de cerca de 0,125 m²/ton de residuos. Con una sección que dure 5 años y un flujo de residuos de 2.000 ton/año, (que equivale a menos de 6 toneladas/día), se logra servir a una población de alrededor de 12.000 personas. La superficie necesaria para tal situación será de aproximadamente 1.250 m². Un relleno sanitario con una vida de 20 años necesitará, en este caso, una superficie de aproximadamente 5.000 m². Además de la superficie que se emplea para el depósito de residuos, se necesitarán también zonas de pesaje (báscula), edificios, equipos, depósitos de agua, red de caminos, muros y cierres.

Considerando poblaciones pequeñas y medianas y asumiendo que tienen una producción per cápita en el orden de los 0,5 kg/día, se puede deducir que en el caso de las localidades medianas, con una población de hasta 80.000 personas se podría producir hasta un volumen de 40 ton/día, (14.400 t./año), y en el caso de una localidad pequeña, con una población de hasta 20.000 personas, hasta 10 toneladas/día, (3.600 t./año).

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO DE DISPOSICIÓN FINAL

El tamaño del proyecto de disposición final está ligado al sitio o lugar físico donde se ejecutará la instalación. El cálculo depende directamente de los siguientes parámetros:

- Generación total anual para el horizonte a evaluar, expresado en ton/año
- Recubrimiento diario de los residuos (entre un 10 a un 20% del volumen de residuos a disponer).
- Vida útil de la instalación
- Densidad de compactación, expresado en ton/m³
- Método de relleno, el cual determina la altura del talud. Para este caso generalizado se ha considerado un talud de 1:3. Método de área.
- Altura del relleno. Determinado por las condiciones geotécnicas de estabilidad del talud del relleno sanitario.

En el anexo V se entregan algunos ejemplos para la determinación de la superficie total requerida.

7. Preselección de alternativas

Esta actividad tiene por objeto reducir el número de alternativas que se puedan haber configurado en las etapas anteriores. El descarte de opciones debe estar basado en el conocimiento, frecuentemente profundo, de las características del área y del servicio de disposición final de RSD y sus actividades asociadas, por parte del personal experto de los municipios. El descarte puede hacerse sobre la base de la factibilidad técnica, económica,

jurídica y ambiental apreciada en consideraciones gruesas, tomando en cuenta elementos claramente evidentes, que no requieren de análisis complejos y pormenorizados para su constatación. Ejemplo de ello son: la intrascendencia de configurar una estación de transferencia en localidades pequeñas, o la inutilidad de escoger un sitio extremadamente lejano, que evidentemente incrementa mucho los costos de transporte, en una comunidad de pequeño tamaño.

Es importante señalar que la alternativa de relleno sanitario sin componentes adicionales debe ser siempre evaluada. La inclusión de estación de transferencia, tratamiento o reciclaje deben evaluarse en forma independiente. Será conveniente incorporar estos componentes sólo si permiten disminuir los costos de operación y mantención del relleno, lo que deberá verificarse mediante la evaluación.

8. Resumen de Información relevante del proyecto

A continuación, en el cuadro 3.4 se presenta una planilla que permite resumir la información relevante para la configuración de un proyecto de disposición final de residuos sólidos.

CUADRO 3.4. Planilla de información relevante.

INFORMACIÓN RELEVANTE	
Oferta Actual	
Disposición actual o tipo de proyecto	
Tamaño de la instalación	
Vida útil remante	
Cobertura actual del servicio	
Calidad del actual servicio	
Parámetros de Demanda y Oferta	
VARIABLES TÉCNICAS	
Nº de habitantes, año actual o anterior	
Producción per cápita (kg/hab/día)	
Tasa de crecimiento de la población (% anual)	
Toneladas anuales generadas:	
residuos domiciliarios	
residuos comerciales y de servicios	
residuos industriales	
otros residuos no peligrosos	
Total	
Densidad /(kg/m ³ ó ton/m ³)	
Composición (% en peso)	
Humedad (% en peso, homogénea)	

CUMPLIMIENTO DE LAS RESTRICCIONES SANITARIAS Y LEGALES	
Código Sanitario	
DS 189/2005 del Ministerio de Salud Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad en los Rellenos Sanitarios.	
Ley de Bases del Medio Ambiente 19.300	
Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades	
CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS (Para cada alternativa)	
Tipo de proyecto	
Sitios disponibles o en estudio	
Distancia desde el núcleo	
Tipo de disposición final	
Estación de Transferencia	
Tratamiento	
Reciclaje	

IV. EVALUACIÓN

Una vez configurado un conjunto de alternativas de proyectos de relleno sanitario, de acuerdo a lo planteado en las etapas anteriores, se puede iniciar el proceso de evaluación propiamente tal.

1. Indicadores Económicos

La evaluación es la comparación entre indicadores económicos y sociales relevantes de cada proyecto alternativo, cuantificados de modo homogéneo.

Por lo tanto, el conjunto de proyectos, planteado a escala preliminar, debe cumplir las siguientes condiciones:

- Cada proyecto perteneciente al conjunto definido de alternativas, provee el mismo servicio, o igual beneficio.
- El criterio de “igualdad de servicio” entre proyectos alternativos implica que en cada uno de ellos se han incorporado las obras y medidas de mitigación medio ambientales y sociales e internalizado sus costos.

La selección del indicador económico a utilizar dependerá de la decisión que se requiere tomar y del agente que toma la decisión. Tal como se señaló previamente, desde el punto de vista privado es posible identificar dos agentes: el municipio y un empresario particular.

Tanto desde el punto de vista social como de la municipalidad, el indicador para evaluar proyectos alternativos, eventualmente de diferente vida útil, es el **Costo por Tonelada Dispuesta (CTD)**.

Dado que las alternativas analizadas son comparables en términos de calidad de servicio y que han incorporado las obras y medidas de mitigación medio ambientales y sociales e internalizado sus costos, entonces la mejor alternativa de proyecto será aquella que presente el menor CTD.

Cuando se trate de proyectos que contemplan algún sistema de tratamiento (compostaje o reciclaje) existe un beneficio de esta actividad que es equivalente al valor de mercado del producto obtenido. Este beneficio se incorporará con signo negativo en el flujo de costos del proyecto.

En el caso de un empresario particular, el indicador relevante es el Valor Actual Neto (VAN) y la TIR. Para actualizar los flujos de caja netos del proyecto se debe utilizar la tasa de costo de capital del empresario.

2. Determinación de los costos privados

El primer paso es determinar los costos asociados a cada alternativa en estudio. Las partidas generales para el relleno sanitario son:

- costos de inversión,
- costos de operación (anuales),
- costos de mantención (anuales),
- costos de transporte (anuales),
- costos de programas de monitoreo y control ambiental (anuales), y
- costos de cierre y término de la operación.

Para un sistema de disposición intermedia, tal como el compostaje o reciclaje, o cuando una alternativa implique una estación de transferencia, se considerarán las siguientes partidas generales:

- costos de inversión,
- costos de operación (anuales),
- costos de mantención (anuales), y
- costos de transporte (anuales)

Con el propósito de facilitar la conversión posterior de los costos privados a costos sociales, es conveniente desglosarlos según los siguientes conceptos:

- materiales o adquisiciones nacionales,
- materiales o equipos importados,
- insumos afectos a impuesto o subsidio,
- mano de obra calificada,
- mano de obra semi-calificada
- mano de obra no-calificada.

Se debe tener presente que los costos relevantes dependerán del agente inversor; por lo tanto, el desglose de costos presentado anteriormente es sólo referencial y para la evaluación se deberán considerar sólo aquellos que percibe dicho agente.

A modo de ejemplo, en el cuadro 4.1 se esquematiza el caso de los costos privados desglosados para la inversión de un sistema de disposición final. Los valores presentados en esta planilla incluyen impuestos. Son valores para ejemplificar, sólo a modo referencial. La sumatoria de los costos desglosados debe dar igual al total de la partida.

Se deberá hacer planillas similares para los costos de operación, mantención, transporte, monitoreo y cierre, desglosadas en los costos aparecidos en el ejemplo (columnas).

En el anexo II se entrega un resumen del itemizado correspondiente a los costos privados asociados a un sistema de disposición final.

CUADRO 4.1 Planilla de costos de inversión.

ITEM	PARTIDA	UN	P. UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL	Materiales o Adquisiciones Nacionales	Materiales o Equipos Importados	Insumos afectos a impuesto o subsidios	Mano de Obra Calificada	Mano de Obra Semi-Calificada	Mano de Obra No-Calificada	
INVERSIONES INICIALES												
1 Inversiones iniciales	1.1	Estudio de impacto ambiental	gl	45.000.000	1	45.000.000			45.000.000			
	1.2	Diseño de ingeniería básica y detalles	gl	20.000.000	1	20.000.000			20.000.000			
	1.3	Terreno de la instalación (*)	m2	5.000	14.420	72.100.000	72.100.000					
	1.4	Construcción cierre perimetral	ml	6.000	488	2.928.000	2.049.600			585.600	292.800	
	1.5	Preparación de señalización interna y portón de acceso	gl	400.000	1	400.000	360.000				40.000	
	1.6	Caseta de regulación de entrada y salida	m2	300.000	1	300.000	210.000			60.000	30.000	
	1.7	Instalaciones para labores administrativas y de control	m2	250.000	30	7.500.000	5.250.000			1.500.000	750.000	
	1.8	Instalaciones sanitarias y de vestuario para el personal	un	5.000.000	1	5.000.000	3.500.000			1.000.000	500.000	
	1.9	Sistema de iluminación exterior	un	6.000.000	1	6.000.000	6.000.000					
	1.10	Empalme eléctrico	gl	20.000.000	1	20.000.000	20.000.000					
	1.11	Instalación de báscula incluye software y hardware para 50 toneladas	un	40.000.000	1	40.000.000		32.000.000		4.000.000	4.000.000	
	1.12	Construcción de un camino de acceso principal	m2	10.000	240	2.400.000	1.200.000			720.000	240.000	240.000
	1.13	Canal perimetral, drenaje de escorrentía superficial	ml	4.500	366	1.647.000	329.400				658.800	658.800
	1.14	Laguna de líquidos lixiviados	gl	500.000	1	500.000	350.000				100.000	50.000
	1.15	Bombas regulación lixiviado	un	350.000	1	350.000		350.000				
	1.16	Camión Tolva	un	24.750.000	1	24.750.000		24.750.000				
	1.17	Bulldozer	un	60.500.000	1	60.500.000		60.500.000				
	1.18	Camioneta cabina simple	un	10.000.000	1	10.000.000		10.000.000				
					SUB-TOTALES	319.375.000	111.349.000	127.600.000	0	69.720.000	8.144.400	2.561.600

(*) Sólo se ha considerado la superficie establecida en la Guía del año 2001. Debiera calcularse de acuerdo a lo establecido en el Reglamento 189, es decir, incluir una superficie “buffer” adicional.

3. Determinación de los costos sociales

La evaluación social de los proyectos alternativos requiere que los costos en que se incurre, tanto en la etapa de inversión como en la de operación, consideren el costo de oportunidad en el uso de los recursos.

Teniendo presente que los precios o costos privados incorporan un conjunto de distorsiones, es preciso corregir los datos de modo de convertir los precios de mercado en precios a costos de factores, que muestran el costo de oportunidad de su uso. Por ello, los precios de mercado o precios privados deben ser depurados de impuestos y/o subsidios.

Por otra parte, en la evaluación social también se debe incorporar los costos o externalidades negativas que genere el proyecto. En el caso de los rellenos sanitarios, algunos de estos impactos son el aumento de la congestión vehicular en las vías de acceso al relleno sanitario y la disminución del valor de mercado de las viviendas o terrenos próximos al relleno sanitario.

Este tipo de impactos debe ser incorporado en la evaluación a través de su valoración directa o bien, a través de las medidas de mitigación o compensación necesarias. Por ejemplo, en el caso de la congestión vehicular, se pueden considerar medidas de mitigación tales como inversiones en el mejoramiento de las vías afectadas por el proyecto.

3.1. Tratamiento de impuestos y subsidios

Es necesario descontar todos los impuestos y subsidios en los precios, tales como el impuesto al valor agregado (IVA), los impuestos o derechos de internación y los impuestos específicos.

3.2. Tratamiento de las divisas y la tasa de descuento

El costo social de los materiales y equipos importados, corresponde a su valor CIF⁴ (en pesos) multiplicado por el factor de corrección de la divisa que publica anualmente el Ministerio de Desarrollo Social.

La tasa de descuento relevante para actualizar los flujos en una evaluación social corresponde a la tasa social de descuento que define anualmente el Ministerio de Desarrollo Social.

3.3. Tratamiento de la mano de obra

El mercado de la mano de obra se segmenta en tres categorías: mano de obra calificada, mano de obra semicalificada y mano de obra no calificada. Cada una de ellas deberá ser ajustada por su correspondiente factor de corrección publicado anualmente por el Ministerio de Desarrollo Social.

3.4. Correcciones a costos sociales

El desglose de los costos privados desarrollado anteriormente facilita la aplicación de las correcciones a estos costos para convertirlos a precios sociales, para cada subtotal obtenido en el acápite 2 de este capítulo agrupados por listados de inversión, operación, transporte, cierre, etc.

⁴ Valor CIF (Cost, Insurance and Freight) corresponde al costo de los bienes importados, más el valor del seguro y su flete hasta el puerto chileno. Este valor no considera el impuesto de internación (arancel).

Las correcciones a precios sociales de acuerdo al criterio utilizado por el Ministerio de Desarrollo Social, se encuentran indicadas en la publicación “Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública”. Se deberán corregir:

- Bienes e insumos nacionales: descontar del valor de mercado el IVA
- Materiales importados = descontar del valor de mercado el IVA y los aranceles de importación y multiplicar por factor de corrección de la divisa (FC_D)
- Combustibles = utilizar valor indicado por el Ministerio de Desarrollo Social.
- Mano de obra calificada = multiplicar valor de mercado por factor de corrección FC_{MOC}
- Mano de obra semicalificada = multiplicar valor de mercado por factor corrección FC_{MOSC}
- Mano de obra no calificada= multiplicar valor de mercado por factor corrección FC_{MONC}

Una vez realizada la corrección por cada uno de estos ítems, se debe realizar las sumatorias finales de inversión, operación y cierre de los valores ya corregidos. Las correcciones anteriores se resumen en el Cuadro 4.2.

CUADRO 4.2. Planilla para corrección a costos sociales.

	Inversión Inicial	Operación, mantención, monitoreo y transporte	Cierre
Terreno	Valor de Mercado (VM) sin corrección	---	---
Bienes e insumos nacionales	VM menos IVA	VM menos IVA	VM menos IVA
Materiales importados	(VM menos IVA y menos aranceles)* FC_D	(VM menos IVA y menos aranceles)* FC_D	(VM menos IVA menos aranceles)* FC_D
Combustibles	Valor indicado en SEBI	valor indicado en SEBI	valor indicado en SEBI
Mano de Obra calificada	$VM * FC_{MOC}$	$VM * FC_{MOC}$	$VM * FC_{MOC}$
Mano de Obra Semicalificada	$VM * FC_{MOSC}$	$VM * FC_{MOSC}$	$VM * FC_{MOSC}$
Mano de obra no calificada	$VM * FC_{MONC}$	$VM * FC_{MONC}$	$VM * FC_{MONC}$

4. Determinación de los Beneficios Privados

Desde el punto de vista de un empresario privado, el beneficio directo de un proyecto de relleno sanitario corresponde a los ingresos provenientes de la venta del servicio de disposición final (ingresos por tonelada depositada en el relleno sanitario). En el Anexo VI se presenta una guía para calcular la tarifa del servicio de disposición final en un relleno sanitario.

Para efectos de esta metodología, se ha supuesto que el municipio no desarrolla actividades empresariales y por lo tanto, no percibe beneficios por este concepto (por ejemplo, venta de servicios de disposición final a comunas vecinas).

En el caso de proyectos que contemplan algún sistema de tratamiento, como el compostaje o el reciclaje, el privado (municipio o empresario privado) percibirá un beneficio por la venta del producto obtenido. Para la estimación de estos ingresos se debe utilizar el precio de mercado de estos bienes.

5. Resumen de los resultados de la evaluación

Finalmente, es conveniente presentar un resumen de los resultados obtenidos por cada alternativa analizada, tal como se indica en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Resumen resultados evaluación de cada alternativa

PRIVADO	
MUNICIPALIDAD:	
Valor actual de costos	VAC
Total toneladas Dispuestas*	TTD
Costo por tonelada Dispuesta (CTD)	VAC/TTD
EMPRESARIO:	
Valor Actual Neto	VAN
Tasa Interna de Retorno	TIR
SOCIAL	
Valor actual de costos	VAC social
Total toneladas Dispuestas	TTD
Costo por tonelada Dispuesta (CTD)	VAC social /TTD
* corresponde a la suma de las toneladas procesadas en el tratamiento intermedio más las toneladas que se disponen en el relleno sanitario.	

V. EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE DISPOSICIÓN FINAL MANCOMUNADOS

Cuando existen varias comunas vecinas que demandan el servicio de disposición final, puede ser relevante estudiar la conveniencia de explotar las economías de escala existentes en esta etapa, de modo de minimizar el costo de disposición de los RSD.

La evaluación consistirá en contrastar el proyecto mancomunado con la alternativa de solución particular o individual de cada comuna.

Cuando se trate de un proyecto mancomunado tanto los costos como los beneficios generados deben ser distribuidos entre las comunas concurrentes al relleno sanitario mancomunado en proporción a la demanda por disposición final de cada municipio, medido en toneladas.

Es así que los costos de un sistema mancomunado se deben agrupar en dos tipos:

- **costos comunes:** Están constituidos por las inversiones en el relleno sanitario mancomunado, los costos de operación y mantención del mismo y los correspondientes al cierre y sellado al final de su vida útil. Si el proyecto considera una estación de transferencia, los costos de inversión, operación y mantención de ella, así como los costos de transporte desde esta estación hasta el relleno sanitario, también constituyen costos comunes.
- **costos específicos:** Estos se derivan del transporte de residuos desde el núcleo de recogida hasta el relleno sanitario mancomunado o hasta la estación de transferencia, si ella existe en el respectivo proyecto alternativo.

Los costos comunes deben ser distribuidos a cada una de las comunas que concurren al relleno sanitario mancomunado en proporción a la cantidad de residuos que aportan, medida en toneladas, determinándose de esta manera un “costo común repartido”. Los costos comunes asociados a una estación de transferencia mancomunada, deben ser repartidos entre las comunas que la utilicen en forma proporcional a la demanda que ejerce cada una de ellas.

Así, el costo total correspondiente a una determinada comuna, será igual a la suma del costo común repartido y el costo específico de la comuna.

Si una de las alternativas de proyecto mancomunado considera tratamiento intermedio, los costos y beneficios asociados a esta actividad deberán ser repartidos entre las comunas participantes en forma proporcional a la cantidad de residuos que aportan. Al igual que en el caso de la evaluación de un relleno sanitario individual, los beneficios provenientes de estas actividades deben ser incorporados con signo negativo en el flujo de costos del proyecto (CTD).

La decisión de cada comuna de participar en un relleno sanitario mancomunado dependerá de si el CTD asociado a este relleno es menor que el CTD de la alternativa individual, si es que la tiene.

Si es que producto de este análisis el CTD mancomunado es superior al CTD individual de una comuna, se pueden presentar dos situaciones:

- Que las comunas restantes decidan “subsidiar” a la comuna en conflicto para que se mantenga en el proyecto. Esto ocurrirá cuando el retiro de dicha comuna incrementa en forma significativa el costo de disposición final de las otras comunas, de manera tal que resulta conveniente para éstas incentivar la permanencia de la comuna en conflicto.

- Que las comunas restantes no logren retener a la comuna en conflicto. En este caso, se debe reformular el proyecto para el nuevo escenario y calcular para cada comuna el nuevo CTD mancomunado, verificando para cada una de ellas la conveniencia de participar en este nuevo proyecto, tal como se describió previamente.

ANEXO I

MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL

Entre las instituciones del Estado con responsabilidades claramente definidas en el tema, se destacan las municipalidades, Ministerio de Salud y CONAMA.

a) **Municipalidades**

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

- Velar por el aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines, la clasificación de residuos sólidos 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 nacional.

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, dependiente del Ministerio del Interior, Subsecretaría de Desarrollo Regional; establece un mecanismo de cobro a los usuarios del sistema de recolección de basuras.

b) **Ministerio de Salud**

El Código Sanitario establece la obligatoriedad que tienen los municipios de retirar todos los residuos, sin distinción, dejados en la vía pública.

A través del Decreto Supremo N° 189/2005, el Ministerio de Salud establece las condiciones mínimas que deben cumplir los sitios de disposición final de residuos sólidos o rellenos sanitarios. En general, un sistema de disposición final de residuos sólidos, basado en rellenos sanitarios manuales o mecanizados, está compuesto por el siguiente conjunto de elementos mínimos, dependiendo a la población a la que tiene que servir:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Sitio apto para la instalación del relleno, lo que depende del cumplimiento con las normativas sanitarias, ambientales, agrícolas y de vivienda.• Cerco perimetral de una altura de 1,80 mts. |
|--|

- Caminos de acceso
- Local con sala de vestir y casilleros
- Servicio higiénico que desagüe en alcantarillado o foso séptico o negro (quedan prohibidas las letrinas)
- Abastecimiento de agua potable ya sea mediante conexión a la red pública o instalación de estanque o depósito tapado, conectado a una llave de salida
- Equipo extintor de incendios portátil tipo espuma
- Instalaciones, obras y actividades determinadas por la declaración de impacto ambiental
- Accesos primario (camino público de acercamiento) y secundario (vías al interior del vertedero)

A la SEREMI de Salud respectiva 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 radiactivas; y la acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales, dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo". Además, le corresponde "... ejercer la vigilancia del funcionamiento de estos lugares", de acuerdo a lo establecido en el DS N°189/2005.

Las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud, asimismo, deben otorgar su aprobación previa a todo proyecto relativo a la construcción, reparación, modificación y ampliación de plantas de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase.

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

Finalmente, en cuanto al 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.

c) CONAMA

La CONAMA, a través de la Ley 19.300, de Bases del medio ambiente establece la obligatoriedad de someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental a todo proyecto de manejo de residuos sólidos, específicamente los proyectos de disposición final de residuos sólidos.

El marco legal en el cual se circunscribirá la metodología corresponde a las regulaciones impuestas por los cuerpos legales mencionados anteriormente, los que fueron ampliamente expuestos en el primer informe de avance del estudio.

ANEXO II

ITEMIZADO DE COSTOS PARA EL PROYECTO DE RSD

A. Costos de inversión

- **Terrenos.** Corresponde al espacio físico requerido para ejecutar las obras, en especial aquellas relacionadas con obras civiles. La evaluación económica y social requiere que los terrenos sean valorizados aunque sean de propiedad del municipio.
- **Construcciones.** El costo de construcciones corresponde al valor de las edificaciones y otras obras físicas necesarias para materializar la alternativa de manejo. Incluye los costos de materiales, transporte de materiales, mano de obra, supervisión, asesoría, y otros necesarios para la construcción de la obra física.
- Es necesario considerar, además, todos los gastos necesarios para la preparación del terreno, tales como despeje, drenaje, nivelación y cercado así como también las conexiones a las redes de servicios básicos (luz eléctrica, agua potable, alcantarillado).
- **Equipamiento mayor.** Corresponde al valor de los bienes de capital necesarios para prestar el servicio, entre los cuales se incluyen una o más camionetas de servicio, camiones cisterna, bulldozer, cargadores frontales, herramientas, báscula, etc.
- **Equipamiento menor.** Corresponde al valor de los bienes muebles, equipos de oficina y otros elementos necesarios para que el proyecto quede funcionando. Por ejemplo: mobiliario, instalaciones sanitarias, etc. El costo del equipamiento debe incluir el costo de instalación, cuando corresponda.

B. Costos de operación y mantención

- **Remuneraciones.** Corresponde al costo de los servicios prestados por los recursos humanos necesarios para que el servicio sea prestado. En este ítem se registran los costos de remuneraciones de encargados de las instalaciones, empleados para la disposición, supervisores, mecánicos, etc.
- **Insumos materiales.** Corresponde al valor de los elementos indispensables para la operación, que permiten la prestación regular del servicio y que se utilizan normalmente dentro de un periodo anual. Entre ellos se encuentran vestuario, combustibles, aceites, materiales de oficina, materiales de apoyo, etc.
- **Mantención y reparación.** Corresponde a los egresos en que debe incurrir para mantener la capacidad de generación de beneficios de los inmuebles y del equipamiento mayor y menor, evitando su deterioro o falla prematura. Es decir, corresponde a gastos tales como pintura y reparaciones menores de los edificios, servicios de mantención periódica de vehículos y equipos, reparaciones de las instalaciones, etc.

- **Servicios básicos.** Corresponde a los gastos generales necesarios para la prestación del servicio. Estos servicios incluyen, por ejemplo, agua, luz eléctrica, teléfono, entre otros.
- **Arriendos.** Corresponde al pago de renta por edificaciones, terrenos, vehículos y/o equipos que se requieran para la operación del proyecto. Debe considerarse el costo total del arriendo, incluyendo comisiones.
- **Costos de control medioambiental.** Corresponde a aquellos costos en que se debe incurrir para evitar la contaminación ambiental que puede generar el proyecto. Por ejemplo, el monitoreo de fugas de líquidos en el vertedero, la operación de una planta de tratamiento de aguas provenientes del relleno.

C. Itemizado detallado de costos para un relleno sanitario

Inversiones mayores

- **Limpieza y desmonte.** Se deben realizar trabajos de preparación del terreno donde se emplazará el relleno sanitario. La unidad de este ítem es el m³. El valor debe incluir el retiro de la vegetación existente, y la capa de suelo vegetal, la que deberá ser acopiada para ser utilizada en la rehabilitación del relleno, cuando éste termine su etapa de explotación.
- **Habilitación de zanjas de relleno.** Estas se pueden realizar con maquinaria propia o arrendada en el caso del relleno sanitario manual. Unidad m³.
- **Construcción y/o habilitación de camino de acceso al relleno.** Se debe considerar además la construcción de vías de acceso internas a la zona de vertido. Se debe considerar un programa de mantenimiento semestral, con una carpeta de rodado de e=15 cm, ítem cuantificado por m². Esta partida considera una base estabilizada y la maquinaria necesaria para realizar esta labor, motoniveladora, rodillo y un camión aljibe, además de la mano de obra necesaria.
- **Construcción de un cierre perimetral.** Necesario para definir el área ocupada por el relleno, unidad metro lineal. Además se debe considerar la instalación de un portón de acceso, para realizar un adecuado control de los vehículos que ingresan.
- **Habilitación de casetas de regulación de entrada y salida al recinto.** Se hace necesario contar con una caseta adecuada para el control de entrada y salida del recinto, unidad m². Se debe considerar además el mobiliario correspondiente.
- **Instalación de una báscula** que permita llevar un control en peso de los distintos residuos que ingresan al vertedero. Esta partida es opcional, y dependerá de la magnitud del proyecto.
- **Habilitación de instalaciones sanitarias y vestuario del personal.** Se debe contar con instalaciones higiénicas y adecuadas para que el personal pueda cambiarse de ropa y asearse al término de su jornada.
- **Construcción de instalaciones para labores administrativas y de control.** En esta partida se contempla instalar una edificación de superficie variable, dotada con un baño, además del

mobiliario y el equipamiento de oficina necesario. Este costo es opcional dependiendo de la magnitud del proyecto

- **Preparación de la señalización interna para acceder al frente de trabajo.** Esta señalización es necesaria para guiar a los camiones que ingresan al vertedero, hacia el punto de vertido.
- **Control y tratamiento de líquidos lixiviados.** Se puede requerir la construcción de un drenaje de fondo en el relleno sanitario, compuesto por tubos ranurados corrugados de doble pared de polietileno con 4" de diámetro que conduzca los lixiviados que se generen hacia una laguna de regulación, mediante tubos de 8" PN-6, de polietileno de alta densidad. Dependiendo de la magnitud de la obra, podría ser aconsejable la construcción de una **laguna de regulación** de líquidos lixiviados, que podría ir revestida con una lámina de polietileno de baja densidad, sobre un sello de arcilla compactada de 20 cm de espesor. Si el tamaño y las condiciones ambientales lo ameritan, conviene considerar la realización de un tratamiento de **recirculación** de los líquidos lixiviados al relleno mediante bombeo. En ese caso, habrá que presupuestar el costo global de construcción de la laguna de regulación por m² y la bomba para recircular los líquidos lixiviados.
- **Equipo de operación.** Se debe considerar, de acuerdo a la envergadura del proyecto, la compra o arriendo de un bulldozer o retroexcavadora. La maquinaria como el bulldozer, servirán en principio para mantener el relleno sanitario en condiciones operativas adecuadas y eventualmente servir de apoyo para otras tareas que pueda emprender el municipio, como el saneamiento de los puntos de vertido clandestino, entre otros.
- **Construcción de las vías internas de acceso y habilitación de un frente de trabajo adecuado.** Esta partida se puede realizar con la misma maquinaria que se utilizará en la operación del relleno. Se valoriza en \$/m².
- **Preparación del sello del relleno sanitario.** Se puede considerar, preferiblemente, la instalación de un sello de fondo que esta compuesto por una capa de arcilla de 20 cm de espesor o una lámina plástica impermeable. Se recomienda la preparación del terreno limpiando y compactando un espesor de 20 cm de suelo natural.
- **Instalación de chimeneas de ventilación.** Se deben instalar chimeneas en caso de que el vertedero tenga más de 3 m de profundidad, para asegurar una buena conducción del biogas que se genere por la descomposición de los desechos. Las chimeneas están constituidas básicamente por malla de alambre, listones de madera (pino 2" x 2" ó rollizo de eucaliptus) y material granular grueso (bolones).
- **Preparación del material de cobertura y disposición de los residuos.** Se deben realizar trabajos de excavación y acopio del material de recubrimiento, suficiente para asegurar que la cobertura sea colocada a diario. Para satisfacer las necesidades de material de cobertura de aproximadamente 7 días de operación del relleno, es necesario que se remueva, acopie y transporte, aproximadamente un volumen de suelo equivalente al 10% semanalmente en el vertedero. El valor en consecuencia estimado por m³, incluye el acomodo de los residuos, la excavación, el acopio, el transporte, y la extensión de una capa de cobertura de al menos 15 cm de espesor.

- **Instalación de chimeneas de ventilación.** Se deben instalar chimeneas en caso de que el vertedero tenga más de 3 m de profundidad y existan condiciones para la creación de condiciones anaeróbicas, para asegurar una buena conducción del biogas que se genere por la descomposición de los desechos. Las chimeneas están constituidas básicamente por malla de alambre, listones de madera (pino 2" x 2" ó rollizo de eucaliptus) y material granular grueso (bolones) y su radios de influencia no deben ser inferiores a 15 metros.
- **Programas de monitoreo y control ambiental.** Un vertedero debe contar con un plan de monitoreo que considere mediciones de asentamientos, biogas, controles de la calidad de las aguas, entre otros de acuerdo a las condiciones propias del proyecto y de sus autorizaciones sanitarias y ambientales (los rellenos sanitarios pequeños están exceptuados de algunos requerimientos de acuerdo al DS 189).

Inversiones menores

- **Vestuario y elementos de trabajo y seguridad del personal.** El trabajo desarrollado por el personal en el relleno, requiere que se cuente con vestuario de seguridad, compuesto por zapatos, guantes, antiparras, casco y una tenida de trabajo.
- **Insumos y servicios básicos.** Son vitales para el correcto funcionamiento de las actividades del relleno. Entre ellos se encuentran, combustibles, electricidad, dotación de agua potable, materiales de apoyo, etc.
- **Remuneraciones.** En este ítem se registran los costos de remuneraciones del supervisor del relleno, personal de vigilancia, operador de maquinas, según sea la dimensión del relleno el número de personal variará.

ANEXO III

ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS VARIABLES RELEVANTES DE CONSIDERAR EN LA METODOLOGÍA.

Generación

La cantidad de residuos producidos en una determinada localidad es variable según parámetros como los siguientes:

- Nivel de vida de la población: crece con éste en una proporción importante;
- Época del año: para igual número de habitantes, generalmente es mínima en verano;
- Modo de vida de la población: está influenciada por la migración diaria entre el centro de la ciudad y la periferia;
- Movimiento de la población durante los periodos de vacaciones, los fines de semana y los días festivos;
- Clima: aumento de cenizas en invierno, salvo que los medios de calefacción modernos hayan sustituido los tradicionales;
- Métodos de acondicionamiento de mercancías, con la tendencia actual a utilizar envases y embalajes sin retorno.

Composición

El conocimiento de la composición de los residuos domésticos tiene gran importancia para la toma de decisiones en la elección de los sistemas de tratamiento. En efecto, ello conforma la base para determinar la viabilidad de los sistemas de tratamiento intermedio, tales como, el reciclaje y el compostaje.

Lo mismo que en la generación, numerosos factores influyen sobre la composición y las características de los residuos domiciliarios:

- Las características de la población: zonas rurales o núcleos domiciliarios, áreas residenciales o zonas de servicios, etc.;
- El clima y la estación: los residuos recogidos en verano presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras, mientras que las escorias y cenizas aumentan en invierno.
- El modo y el nivel de vida de la población: el consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases y embalajes de todo tipo: latas de conserva, vidrios, plásticos, papeles y cartones, pero por otra parte se produce una disminución de restos de vegetales, carnes y grasas; los jardines de las viviendas absorben ciertos tipos de residuos; el mayor uso del gas y la electricidad hacen disminuir el contenido de escorias y cenizas.

Los residuos sólidos domiciliarios están constituidos por un conjunto de materiales muy heterogéneos. Por ello se plantea la necesidad de reagrupar sus distintos componentes en categorías de cierta homogeneidad, cuyo número variará evidentemente según los objetivos que cada clasificación persiga. Para efectos prácticos se puede establecer los siguientes grupos:

- Inertes. Todas aquellas materias incapaces de combustión en condiciones normales; metales, vidrios, huesos, tierras, cascotes, etc. Junto con las cenizas obtenidas tras la incineración del contenido orgánico, formarán el total de materias inertes capaces de producirse a partir de las basuras.
- Putrescibles. Materias orgánicas de elevado contenido de humedad, o capaces de experimentar rápidamente una fermentación indeseable (putrefacción: restos de pescado, restos vegetales, etc.
- Fermentables. Conjunto de materias orgánicas capaces de experimentar un proceso de degradación biológica. Formadas por todas las putrescibles y además: paja, papel, cartón y demás productos orgánicos. Corresponderán a la fracción compostables de los RSD.
- Combustibles. Materiales capaces de autocombustión, sin aporte exterior de energía: papel, cartón, paja, plásticos, madera. Corresponden a la fracción directamente incinerable de los RSD.

Las diferencias que se presentan en la composición de los RSD, entre poblaciones con distintos ingresos y entre estratos socioeconómicos dentro de un mismo país, se debe fundamentalmente a variables conductuales como hábitos de consumo y a variables institucionales ligadas a los procesos de crecimiento económico y avance en las comunicaciones y en otro tipo de industrias alimentarias.

El cuadro siguiente indica los diferentes componentes típicos de los RSD:

COMPONENTES
1. Materia Orgánica
2. Papeles y Cartones
3. Plásticos y gomas
4. Vidrios
5. Metales
6. Otros tipos de residuos

Densidad de las basuras

En origen, la densidad varía desde 200 kg/m³ en contenedores individuales o bolsas, hasta 250 kg/m³ en contenedores grandes, para pasar a 400 kg/m³ en una caja compactadora de recolección convencional, hasta llegar a relleno sanitario donde se pueden alcanzar cifras entre 400 – 500 kg/m³ (**fuentes CEPIS**) en uno manual y de 700 a 1.000 kg/m³ en uno mecanizado. Estas cifras son altamente dependientes de la composición de los residuos. Evidentemente, la compactación de los residuos en el caso de un relleno sanitario tiene directa incidencia en la vida útil de éste y consecuentemente en su tamaño, debiéndose considerar en su diseño que la compactación aumenta en la medida que los residuos se estabilizan.

En general se acepta que la densidad es siempre menor en los barrios céntricos, donde oficinas y comercios alternan con viviendas, debido a que en la composición de los residuos predominan

fracciones livianas, tales como papeles y plásticos, mientras que crece en las zonas periféricas donde predominan las viviendas.

Contenido de humedad

El contenido de humedad varía desde el 15 hasta el 60 por ciento, según la composición de los residuos, la estación del año, y las condiciones de humedad y meteorológicas, particularmente la lluvia.

En las operaciones de recogida, transporte y tratamiento, la humedad es un factor que ocasiona serios problemas. En general, las basuras producidas en los países como América del sur y del Mediterráneo, como consecuencia de los hábitos de consumo alimentario de productos vegetales poco elaborados, contiene un alto porcentaje en restos orgánicos, lo cual confiere a sus residuos sólidos domiciliarios la cualidad de poseer un elevado porcentaje de agua.

Cuando la humedad es acompañada por un bajo contenido en papel, cartón, textiles, etc. (capaces de absorber una parte de la humedad), tales residuos son de laboriosa manipulación, debido a su rápida fermentación. Esta fermentación se produce tanto por las características propias de los residuos, como por la acción del compactador que hace fluir cantidades importantes de materias líquida, las cuales mezcladas a los azúcares, grasa, almidones, etc., presentes en las basuras, facilitan todavía más el inicio de procesos de fermentación cuando las condiciones ambientales son propicias.

Si se realiza esta fermentación en medio aeróbico, puede suponer una ventaja en el caso concreto de aplicación del sistema de tratamiento de compostaje; pero más frecuente es el grave inconveniente derivado de que las materias entradas en fermentación anaeróbicas producen malos olores, facilitan la proliferación de insectos, e incluso ocasionan serias corrosiones en las partes metálicas de los equipos e instalaciones ***(Si bien en los rellenos sanitarios se produce una descomposición anaeróbica, cuando éstos son bien operados la proliferación de vectores y emanación de olores y biogás se encuentra controlada)***.

La Universidad Católica de Valparaíso, ha realizado muestreos en varias localidades de Chile, determinando valores de humedad de 40% a 60%, para los residuos sólidos domiciliarios, rango que se considera adecuado utilizar, cuando no se cuente con información directa.

El contenido de humedad de las basuras condiciona las instalaciones que pueden desarrollarse. Una cantidad superior al cincuenta por ciento de humedad implicaría la generación de lixiviados con el deterioro que produce al entorno. El contenido de humedad en un residuo con alto contenido orgánico, implica la necesidad de una mayor velocidad en su tratamiento, pues con facilidad genera problemas de orden sanitario (olores, atracción de vectores sanitarios).

Hay que recordar que la humedad es uno de los factores más importantes en cualquier proceso de digestión. Si la humedad es baja los microorganismos no se desarrollan y por lo tanto no hay metabolismo, esto se verifica en la zona norte del país, en donde la humedades de las basuras son bajas y en donde, además, no existen aportes adicionales de agua en los rellenos sanitarios, inhibiendo la descomposición anaeróbica de los residuos en ellos.

En el caso del compostaje la cantidad de agua disponible en la masa de basuras es uno de los factores limitantes para el desarrollo del proceso. Las experiencias obtenidas en operaciones que incluyen el tratamiento biológico de basuras indican que para el compostaje eficiente de

basuras es recomendado mantener el contenido de humedad en la masa, entre 55% a 70% (peso húmedo) para operaciones con agitación mecánica continua o semi-continua y de 40% a 60% de humedad (peso húmedo) para operaciones de camellón o hilera. Por consiguiente, el contenido de humedad puede afectar el diseño de una planta de compostaje (En los procesos de compostaje siempre es necesario mantener la humedad de la masas de residuos dado que se alcanzan elevadas temperaturas en el proceso con lo que el agua se evapora y es necesario restituirla).

ANEXO IV

**ASPECTOS TÉCNICOS DE PROYECTOS DE DISPOSICIÓN FINAL
PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS LOCALIDADES.**

El objetivo de este anexo es exponer los lineamientos generales y las distintas variantes de la aplicación del método de disposición de residuos y disposición intermedia es así que se resumen en un cuadro descriptivo cada una de las posibles componentes de una alternativa (Relleno sanitario, compostaje, recuperación y transferencia).

<u>RELLENO SANITARIO</u>
DEFINICIÓN
Relleno Sanitario es la técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar las basuras en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable. La basura así depositada, se cubre con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al fin de cada jornada.
Relleno Sanitario Manual, población inferior a 20.000 habitantes Relleno Sanitario Mecanizado, población entre los 20.000 y 80.000 habitantes. Relleno Sanitario Mancomunado, población variará según sea el caso.
ASPECTOS TÉCNICOS
Emplazamiento de un relleno sanitario La elección del emplazamiento viene determinada por la disponibilidad de espacios libres aptos para este fin y su distancia hasta el centro de gravedad de la producción de residuos, además se destacan las características geológicas y agronómicas, la accesibilidad o existencia de infraestructura adecuada y la disponibilidad de materiales para cubrir los residuos. También se debe considerar la distancia que lo separa de viviendas y centros poblados.
Método de operación de un relleno sanitario De acuerdo a las características del área de emplazamiento se puede construir tres tipos de relleno sanitario; de zanja, superficie y ladera, y en muchos casos las combinaciones de las tres. Por lo general, el relleno sanitario de zanja se construye en zonas planas donde se excavan trincheras para depositar los residuos sólidos. En el relleno sanitario de superficie se cubren los residuos con tierra en la misma superficie del terreno, mientras que en el relleno sanitario de ladera se trata de aprovechar las depresiones o taludes naturales para disponer los residuos sólidos.

Plan de operaciones

Deberá considerar la recepción de las basuras, la ubicación de los accesos y vías de transporte para acceder a las zonas de vertido, plan de vertido dependiente de las características topográficas, limpieza y desmonte, el vertido y acondicionamiento de zonas (limpieza y desmonte, accesos, impermeabilización), el vertido propiamente dicho (descarga, extendido compactado, cobertura) y la aportación de la capa final de cobertura y sellado, y si es posible la recuperación vegetal de las zonas colmatadas y selladas.

Maquinaria

Estos están determinados por la cantidad diaria de basuras y su densidad y la tierra necesaria para su recubrimiento diario, estructura topográfica del relleno sanitario y forma de explotación del mismo. El tipo de máquinas que se emplea es el comúnmente utilizado en el movimiento de tierras y trabajos de obras civiles, las que en todo caso para la compactación de los residuos deben poseer sistema de tracción por orugas.

Trabajos de control ambiental en el vertedero

La primera cuestión que plantea exigencias al relleno sanitario es el agua. Debe proyectarse el relleno sanitario de forma que las aguas superficiales procedentes de escorrentía de lluvia no entren en contacto con las masas vertidas (independientemente de la lluvia caída directamente sobre el vertedero, que lo percola, lo lava y debe ser recogida posteriormente para su tratamiento).

Impermeabilización y drenaje

Para evitar que los lixiviados producidos por el vertido, o que la percolación de las aguas superficiales de lluvia, entren en contacto con las aguas subterráneas, se impone su recogida y tratamiento posterior. Sistemas de protección específicos son la impermeabilización del fondo y laderas del relleno sanitario y el drenaje, conducción y recogida de los lixiviados para su tratamiento. El sistema de drenaje consiste habitualmente en la colocación de un lecho poroso de grava, provisto de pendiente en el sentido más favorable, cuya misión es recoger los lixiviados por encima del tubo de protección del relleno sanitario y conducirlos hacia un depósito o balsa de recepción y almacenamiento.

Otro aspecto que debe ser considerado es la extracción y eliminación o aprovechamiento del biogás generado

De acuerdo a la reglamentación vigente, los rellenos sanitarios pequeños pueden, en su diseño, no considerar sistemas de tratamiento de lixiviados ni de biogás.

Metodología General de Cierre y Sellado.

En un plan de cierre y sellado se deben considerar como principales los siguientes puntos: el diseño de la capa de sellado, los sistemas de control de las aguas superficiales y de drenaje, el control de los gases de vertedero, el control y tratamiento de los lixiviados y los sistemas de monitoreo ambiental

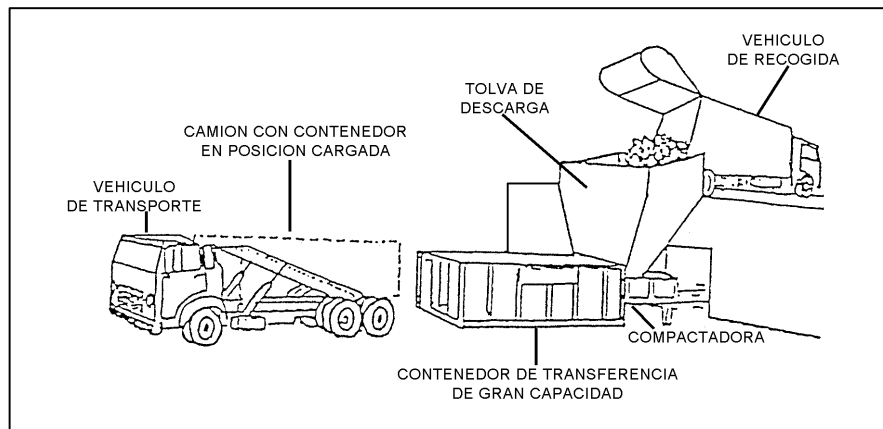
TRANSFERENCIA

DEFINICIÓN

En los casos que se adopte la solución de rellenos sanitarios mancomunados o que el relleno sanitario de la comuna atendida se encuentre alejado del sitio de disposición final, y, dependiendo de las condiciones topográficas y vías de acceso, puede resultar beneficioso dotar a las diferentes comunas o comuna en particular con una estación de transferencia para minimizar los costos del uso de los camiones recolectores como medio de transporte.

ASPECTOS TÉCNICOS

Una solución con respecto a las estaciones de transferencia de pequeña escala es una estación de transferencia móvil de carga directa o una estación de transferencia de carga directa equipada con compactadora fija. La primera solución implica una transferencia al aire libre, lo cual plantea dificultades para controlar el polvo, los ruidos, olores y otras emisiones cuando puede afectar a poblaciones vecinas. El vehículo de recogida de residuos se descarga en una tolva colocada directamente sobre el contenedor, que está conectado a la compactadora fija. Según sea el mecanismo de descarga del vehículo, puede vaciarse directamente en el contenedor, lo cual ahorra los costos de la construcción de una estación de transferencia de dos niveles. Un vehículo de transporte recoge y transporta los contenedores. Los contenedores compactadores pueden cargar hasta 600-650 kg/m³, y los contenedores de 35 m³ pueden recibir 20 toneladas, aproximadamente, lo que correspondería a la generación de una comuna de 40.000 habitantes o a dos días de recolección de una comuna de 20.000 habitantes. Una estación de transferencia de carga directa puede emplazarse junto a un centro de reciclado. Si la transferencia se realiza directa o automáticamente, no influirá sobre las condiciones de trabajo. No obstante, pueden producirse emisiones de polvo y partículas durante la transferencia. La solución más adecuada para una estación de transferencia u otra actividad en la que se produzca polvo consiste en realizar las operaciones en un edificio cerrado dotado de un sistema de evacuación, un filtro o sin sistema de control de olores para reducir al mínimo las emisiones.



PLANTA RECUPERACIÓN

DEFINICIÓN

Se plantea una planta semi-mecanizada, modular y flexible. Contempla una tolva de vaciado, una cinta de dosificación, una cinta transportadora para la recuperación manual de los residuos y un selector magnético de materiales metálicos. La capacidad de diseño es de 80 ton/día, sin embargo las instalaciones pueden dar una capacidad mayor. La vida útil del proyecto es de 10 años, por concepto de vida útil de la maquinaria y equipos.

ASPECTOS TÉCNICOS

Se precisan los siguientes equipos:

- Una tolva en la descarga de los camiones de recogida.
- Un transportador metálico blindado que recoge los RSD del fondo de la tolva y los dirige a la cinta de reciclado
- Una cinta transportadora para la separación manual de residuos reciclables.
- Un separador Overband para recogida de metales(verificar la necesidad de este equipo).

Para la tolva de recogida se recomienda un ángulo no inferior a 80° en la inclinación de las paredes laterales para evitar la formación de bóvedas con los RSD. Además es recomendable que la dimensión más pequeña de la boca de descarga no sea inferior a 1,5 mt. La capacidad de esta tolva es de unos 10 m³ aproximadamente, lo que proporciona una autonomía para la cinta de separación.

La misión del transportador blindado es recoger el material de la tolva y enviarlo a la cinta transportadora. Este aparato es imprescindible porque es el encargado de proteger de los impactos en el momento de la descarga de los residuos a la tolva, de otra forma la cinta de separación sufre el impacto en forma directa con riesgo de perforaciones, rotura, etc. Además esta cinta blindada permite una mejor dosificación de la cinta.

Por otra parte la cinta blindada aumenta la vida útil de la tolva y la cinta, al disminuir la abrasión en el transporte de los RSD bajo la tolva, ya que la inercia del material depositado produce un fuerte rozamiento sobre cinta con riesgo de rotura. Se considera en este proyecto que el transportador debe tener una anchura superior a la de la boca de salida de la tolva en sentido perpendicular a su marcha para evitar el derrame de los residuos (eliminando tiempos de limpieza).

Para la tolva anterior el transportador debe operar en la dirección del lado mayor y como el lado de la boca perpendicular a éste es de 1,6 mt, la anchura de la cinta se fija en 2 mt. Las longitudes recomendables para el alimentador de la cinta es de 8 mt, en función de las características del lugar y de la disposición de la tolva y cinta de triaje.

Las anchuras más normales son de 2 y 2,5 mt (en este caso se recomienda la de 2 mt). El ángulo de inclinación es de 30°. La cinta de alimentación de este proyecto se definió con un variador de velocidad, que como su nombre indica, permitirá regular la velocidad de avance de las placas del transportador consiguiendo de esta forma una mayor o menor alimentación sobre al cinta de triaje, especialmente apto para el control de los peak, recarga de almacenamiento de la tolva y adecuación a los rendimientos del personal.

Para situar el personal en al cinta de triaje hay que tener en cuenta las siguientes norma.

- Dejar una franja de seguridad en las cercanías de sus extremos, para evitar accidentes del personal tanto a la entrada como a la salida de los residuos de la cinta. Esta franja se recomienda tenga una extensión de 0,5 mt.
- Cada operario para actuar con comodidad en el triaje requiere un espacio propio de 1,3 mt.
- La altura óptima calculada para la operación de triaje o rescate de elementos de la cinta, no debe sobrepasar el nivel de la cintura del operario, es decir, la cinta deberá mantenerse

<p>en el rango de 1 a 1,2 mt, aproximadamente medido desde la plataforma de apoyo del personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las experiencias indican que es necesario la función de 1 operario dedicado a desgarrar a abrir las bolsas en que están contenidos los residuos, para dejar al descubierto los materiales reciclables y facilitar su selección tanto por parte de los operarios como del separador overband. <p>Cada operario recoge el subproducto o elemento del que está encargado y lo envía al contenedor de acopio correspondiente situado a su lado. Se debe colocar 1 contenedor por tipo de residuos por cada 2 operarios, a sus espaldas.</p>

<u>COMPOSTAJE</u>
DEFINICIÓN
<p>Se denomina compostaje al proceso controlado mediante el cual los residuos sólidos orgánicos se convierten en un mejorador del suelo denominado compost. El compostaje se puede preparar con maquinaria y equipo mecanizado o con métodos manuales. El uso de determinado método depende del volumen de residuos orgánico que se va a tratar. En localidades pequeñas es recomendable usar métodos manuales de compostaje que permitan procesar tres a cuatro toneladas de residuos orgánicos por día. La materia prima para preparar el compost son los residuos sólidos orgánicos. Mientras más variada sea la materia orgánica, mejor será la descomposición y calidad del compost.</p>
ASPECTOS TÉCNICOS
Proceso manual para preparación de compost
<p>Los pasos principales para preparar compostaje se pueden resumir como separación de la materia orgánica en origen (los residuos orgánicos separados desde las basuras tienen como resultado compost de calidad deficiente), trituración y homogeneización, compostaje, tamizado, almacenamiento y aplicación del compost.</p>
Proceso industrial estándar en la fabricación del compost (a partir de basura no separada en origen)
<p>Puede decirse que el proceso típico de elaboración de compost viene caracterizado por las operaciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recepción y clasificación de los residuos orgánicos con separación de materiales indeseables de gran volumen. - Trituración (u homogeneización y reducción) primaria con la cual se obtiene precompost. - Fermentación. Controlada (en células o digestores) o al aire libre (compost bruto). - Maduración, post-fermentación y estabilización del compost (compost madurado). - Trituración secundaria, cribado, refinado (compost refinado). - Almacenaje y expedición del producto acabado. <p>Los componentes básicos de una planta de compost son el área de recepción de basura, la tolva de alimentación, equipo de transporte, equipo de clasificación, equipo de reducción de volumen, área de fermentación, área de material rechazado y laboratorio.</p> <p>Como puede apreciarse, la utilización industrial del componente orgánico de los residuos</p>

sólidos requiere:

- Instalaciones para separar los componentes no orgánicos de los residuos recibidos
- Instalaciones y sitios amplios en los cuales poder ordenar las pilas de material a compostar
- Maquinas mezcladoras del material
- Inyectoras de oxígeno a la masa para acelerar la descomposición aerobia
- Instalaciones de almacenaje del compost
- Instalaciones de disposición de los rechazos

Debe tenerse presente que un relleno sanitario que reciba material orgánico se convierte en un reactor natural que genera compost de más baja calidad que el que se genera en una explotación industrial, en este caso, para obtener el compost desde las instalaciones de un relleno sanitario se debe contar con una criba para tamizar los materiales biodigeridos.

Planta de compostaje

En una planta de compostaje tradicional los residuos sólidos llegan sin selección alguna a las tolvas de recepción, de donde son llevados a un tratamiento de cribado para la eliminación de elementos de mayor tamaño, que podrían perjudicar el buen funcionamiento del resto de la instalación. Dentro de la selección mecánica, se cuenta con separadores electromagnéticos que eliminan la chatarra. Para la selección manual, se emplean cintas transportadoras donde se separan los subproductos recuperables, dejando solamente los orgánicos que pasan a trituración, para obtener una granulometría uniforme, en la masa que se envía al campo de fermentación. Una planta tradicional industrializada podría realizar este proceso. Sin embargo para el caso de las pequeñas y medianas localidades se ha considerado realizar un compostaje más simplificado que considera solo la recepción de materia orgánica:

- Tolva de recogida
- Separador magnético
- Cinta transportadora
- Triturador (Opcional)
- Molienda y mezcla
- Fermentación
- Contenedores y almacenamiento

LA TENDENCIA ES TENER SEPARACIÓN EN ORIGEN DE LA MATERIA ORGÁNICA.

ANEXO V

EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL RELLENO SANITARIO

Ejemplo:

Se considera una superficie de 15.000 m², con un talud de 1:3, V:H. De dimensiones rectangulares. Altura del relleno de 10 metros. Densidad de compactación 0,5 ton/m³.

CALCULO DEL VOLUMEN DE UN MODULO						
Esquemas						
Volumen de los taludes						
Lado	Ancho Inferior	Ancho Superior	Altura	Volumen lado (m3)	Volumen total	
b	a	c	h	$bh (2a + c) / 6$	(m3)	
30	150	90	10	19.500	39.000	
30	100	40	10	12.000	24.000	
Volumen del alma						
Lado		Lado	Altura	Volumen total (m3)		
a		b	h	abh		
90		40	10	36.000		
Total m3					99.000	

El cálculo del factor servirá para entregar una aproximación de la superficie que se requiere, ya que no se considera que la densidad final del relleno será superior a la densidad inicial. Sin embargo este factor esta fuertemente ligado a las condiciones físicas del lugar. De forma teórica se ha planteado un terreno plano, rectangular, sin considerar la topografía, y configuración geométrica del lugar que en este punto del estudio se desconoce.

Si bien se debe recalcar que la superficie que se obtenga es una aproximación, esta considera un factor de seguridad dado por el talud determinado para una hectárea. Esto se explica en el caso que la superficie requerida final para el año 20 por ejemplo supere la hectárea planteada en el cálculo del factor, lo que en consecuencia estaría sobredimensionando la superficie total requerida.

En la medida que se conozcan mas datos del posible terreno de emplazamiento y las condiciones topográficas y geométricas, esta aproximación de la superficie requerida será más depurada, al nivel de lograr determinar una superficie real al utilizar instrumentos de software⁵.

En el cuadro 3.6. siguiente queda demostrado que el factor de conversión a superficie ocupada permite una aproximación más depurada del tamaño del sitio real cuando se determina la cantidad de superficie a ocupar por año de acuerdo a la proyección de la demanda ya determinada.

Planilla para la determinación de la superficie total requerida

SUPERFICIE TOTAL REQUERIDA					
2%	Tasa media de crecimiento per cápita de residuos sólidos				
1,5%	Tasa de crecimiento poblacional (INE)				
0,4	Producción Per cápita kg/hab/día				
10	Horizonte de años para la evaluación				
10.000	Nº de habitantes año 2000				
0,4 x 365 /1000	Producción Per cápita ton./año 2000				
1,12	Factor de conversión a superficie ocupada, en ton/m2 (F)				
Años	Proyección (2%) Prod. per-cápita ton./ año (A)	Proyección (1,5%) Nº de habitantes (B)	Prod. Total ton./ año (A) x (B)	Prod. Total Acumulado ton./ año (C)	Superficie requerida m2 (C) / (F)
1	0,146	10.000	1.460	1.460	1304
2	0,149	10.150	1.512	2.972	2653
3	0,152	10.302	1.565	4.536	4050
4	0,155	10.457	1.620	6.157	5497
5	0,158	10.614	1.677	7.834	6995
6	0,161	10.773	1.737	9.570	8545
7	0,164	10.934	1.798	11.368	10150
8	0,168	11.098	1.861	13.230	11812
9	0,171	11.265	1.927	15.157	13533
10	0,174	11.434	1.995	17.152	15314
Generación Total (ton)			17.152		
Generación Total Promedio (ton)			1.715		
Superficie ocupada anual promedio (m2)*			1.531		
* La superficie acupada promedio se utiliza para determinar los costos operacionales anuales					

⁵ Software Autocad. Civil/Survey para el cálculo de volúmenes. Autodesk, Inc

ANEXO VI

PAUTA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TARIFA POR EL SERVICIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO

A continuación se presenta una pauta para el cálculo de la tarifa de disposición final de los residuos sólidos en el relleno sanitario. Esta pauta puede ser de utilidad para aquellos municipios que deseen entregar la explotación de esta actividad a un empresario particular.

El monto de la tarifa dependerá de los servicios que presta el relleno sanitario y del grado de financiamiento que se desea alcanzar. A continuación se presenta una fórmula genérica para obtener la tarifa del servicio de disposición final:

$$P(\$/\text{ton}) = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C.O.M_t * (1-T)}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{D_t * T}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{OI_t * (1-T)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{TD_t * (1-T)}{(1+r)^t}}$$

Donde:

- P = Es la tarifa (\$/ton) que se deberá pagar por cada tonelada de residuos sólidos depositada en el relleno sanitario.
- I_0 = Es el valor presente de las inversiones financiadas por el empresario privado durante la vida útil del relleno sanitario (excluye los aportes de terrenos, maquinaria u otras inversiones financiadas por recursos públicos o de la comunidad).
- $C.O.M_i$ = Corresponde a los costos de operación y mantención del relleno sanitario en el año i . En este ítem también deben incluirse los costos de operación y mantención del tratamiento intermedio, si corresponde.
- D_i = Corresponde al monto anual de depreciación de los equipos y obras civiles.
- OI_i = Representa otros ingresos provenientes de la operación del vertedero, tales como ingresos por la venta de compost o de material reciclado.
- TD_i = Representa las toneladas depositadas finalmente en el relleno sanitario durante el año i .
- T = Es la tasa de impuesto a las utilidades.
- r = Es la tasa de costo de capital.

ANEXO VII
DATOS DE PRODUCCIÓN PER-CÁPITA DE CIUDADES

Ciudad	Tasa de generación per-cápita RSD (Kg/Hab-día)			Promedio	Año
	Estrato				
	Alto	Medio	Bajo		
Punta Arenas	0,51	0,46	0,40	0,43	1997
Puerto Natales		0,46	0,45	0,45	1997
Porvenir	0,30	0,50	0,35	0,44	1997
Pto. Aysén y Pto. Chacabuco	0,53	0,52	0,31	0,37	1997
Coyhaique	0,72	0,65	0,43	0,50	1997
Valdivia	0,74	0,43	0,39	0,40	1996
Concepción	0,64	0,46	0,64	0,60	1994
Talcahuano	0,77	0,53	0,52	0,56	1994
Penco	0,45	0,44	0,71	0,66	1994
Curicó	0,76	0,53	0,45	0,48	1997?
Talca	0,69	0,52	0,47	0,49	1997?
Cauquenes	0,67	0,54	0,42	0,46	1997?
Linares	0,58	0,48	0,41	0,44	1997?
La Serena	1,00	0,88	0,85		?
Coquimbo	1,20	1,12	0,80		?
Antofagasta	0,72	0,73	0,56	0,66	1995
PROMEDIO TOTAL DATOS	0,68	0,58	0,51	0,50	

Fuente: MIDEPLAN, "Residuos Sólidos: Estudios y Planes de Manejo" Vol. 1, 2 y 3 (1997, 1998 y 1999).

Para ver tasa de Generación asociadas a caracterización socio-económica se sugiere ver el "**Estudio Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana**", **CONAMA 2006**.

ANEXO VIII

EJEMPLO ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL Y PROYECTADA

A continuación se presenta un ejemplo de como estimar la demanda actual y proyectada de RSD. Se ha elegido el caso de una localidad que presenta estacionalidad en su generación de RSD, ya que éste permite abordar un caso relativamente más complejo de estimación de demanda.

1. Estimación de la Producción Per-Cápita Actual de RSD de una Localidad

Período: Verano		
Duración (días)	75	
Población atendida	35.000	
	Camión 1	Camión 2
Capacidad (m3)	19	15
Número de Camiones	1	1
Viajes a la semana por Camión	12	9
Densidad Promedio (Ton/m3)	0,6	0,6
% Ocupación	90%	90%
Carga Transportada (ton/semana)	123,12	72,9
Producción Per Cápita - Verano	0,80	

Período: Resto año		
Duración (días)	290	
Población atendida	31.000	
	Camión 1	Camión 2
Capacidad (m3)	19	15
Número de Camiones	1	1
Viajes a la semana por Camión	6	12
Densidad Promedio (Ton/m3)	0,6	0,6
% Ocupación	90%	90%
Carga Transportada (ton/semana)	61,56	97,2
Producción Per Cápita - Resto del Año	0,73	

PPC Promedio Anual = 0,80x75/365 + 0,73x290/365 = 0,75

2. Proyección de la Demanda por Disposición Final de RSD

Datos	Verano	Resto Año
Duración Período	75	290
Población (2001)	38.890	34.445
Tasa Crec. Anual 2002-2021	1,00%	1,20%
PPC (kg/pers.-día)	0,80	0,73
Tasa Crec. PPC	1,80%	1,80%
Cobertura Recolección RSD	90%	90%

Años	Verano			Resto del Año			Producción Anual Total (ton)
	PPC (Kg/pers.-día)	Población Atendida	Producción Período (ton)	PPC (Kg/pers.-día)	Población Atendida	Producción Período (ton)	
1	0,81	35.351	2.159	0,74	31.373	6.776	8.936
2	0,83	35.705	2.220	0,76	31.749	6.981	9.201
3	0,84	36.062	2.283	0,77	32.130	7.192	9.475
4	0,86	36.422	2.347	0,79	32.516	7.409	9.756
5	0,87	36.786	2.413	0,80	32.906	7.633	10.046
6	0,89	37.154	2.481	0,81	33.301	7.864	10.345
7	0,91	37.526	2.551	0,83	33.700	8.101	10.652
8	0,92	37.901	2.623	0,84	34.105	8.346	10.969
9	0,94	38.280	2.697	0,86	34.514	8.598	11.295
10	0,96	38.663	2.773	0,87	34.928	8.858	11.631
11	0,97	39.050	2.851	0,89	35.347	9.126	11.977
12	0,99	39.440	2.932	0,91	35.771	9.401	12.333
13	1,01	39.834	3.014	0,92	36.201	9.685	12.700
14	1,03	40.233	3.099	0,94	36.635	9.978	13.077
15	1,05	40.635	3.186	0,96	37.075	10.280	13.466
16	1,06	41.041	3.276	0,97	37.519	10.590	13.866
17	1,08	41.452	3.369	0,99	37.970	10.910	14.279
18	1,10	41.866	3.464	1,01	38.425	11.240	14.703
19	1,12	42.285	3.561	1,03	38.886	11.579	15.141
20	1,14	42.708	3.662	1,05	39.353	11.929	15.591

- PPC Verano – año 1 = $0,80 \times (1+0,0180)^1 = 0,81$
- Pob. Atendida Verano – año 1 = $38.890 \times 0,9 \times (1 + 0,010)^1 = 35.351$
- Producción Verano – año 1 = $(PPC \times Pob. Atendida \times duración período)/1.000 =$
 $= (0,81 \times 35.351 \times 75)/1.000 =$
 $= 2.159 \text{ ton.}$
- Producción Anual Total = Producción “Verano” + Producción “Resto Año”

ANEXO IX

INSTRUCCIONES PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CIERRE DE VERTEDEROS

En esta categoría se incluyen los actuales sitios de disposición final que se encuentran operativos recibiendo residuos sólidos domiciliarios, pero no bajo el estándar de relleno sanitario según lo normado en el Dec. 189 MINSAL , La necesidad continuar disponiendo la basura actualmente generada, y dado que contar con un sitio nuevo de categoría de relleno sanitario no es posible en un horizonte cercano, el actual sitio debe seguir operando con un nuevo estándar y comenzar la ejecución de un plan de cierre, aprobado por la autoridad sanitaria regional.

Estas instrucciones también son aplicables a proyectos de cierre de antiguos vertederos municipales o sitios abandonados que en la actualidad están generando problemas sanitarios.

1. Beneficios y costos sociales

Desde el punto de vista social, los beneficios de un proyecto de cierre de disposición final de residuos sólidos domiciliarios consisten en:

- Preservación de la salud de la población,
- Atenuación de daños ambientales,
- Mejoramiento de la estética de la ciudad, entre otros.

Este tipo de beneficios son de difícil valoración; sin embargo, dado que la ley le asigna al municipio la obligación de disponer adecuadamente los residuos sólidos domiciliarios, existe un planteamiento explícito de la conveniencia social de disponer los residuos generados en una comuna.

Los costos sociales de un proyecto de cierre de un sitio de disposición final corresponden a los costos de inversión, costos de operación y mantención del cierre.

2. Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación corresponde al período de tiempo para la cual se hará la evaluación del proyecto. En general, el horizonte de evaluación utilizado es menor o igual a la vida útil económica de las obras.

En el caso de que el horizonte de evaluación sea menor que la vida útil del proyecto, entonces hay que estimar su valor residual al término del horizonte de evaluación. Dicho valor debe registrarse como un beneficio.

Se sugiere utilizar un horizonte de evaluación de 20 años para este tipo de proyectos, que es lo que se determina como período de monitoreo.

3. Diagnóstico de la situación actual

Deberá realizarse una descripción del actual sitio de disposición, en términos de: superficie, toneladas diarias depositadas, sistema de manejo, horizonte de vida útil. 4. Identificación de Alternativas

El formulador del proyecto deberá identificar y definir las posibles alternativas técnicas que se podrán implementar para el cierre del vertedero, que cumplan las exigencias mínimas establecidas en el Dec. 189 MINSAL.

5. Indicadores económicos

En el caso de los residuos sólidos, esta metodología asume que se entrega un beneficio que está fuera de discusión, vale decir, que es socialmente necesario que el cierre sea provisto; por tal motivo, no se considera necesario la cuantificación de los beneficios del proyecto. Es decir, la autoridad asume que el proyecto genera una serie de beneficios, aunque ellos no se puedan cuantificar.

Es así que en la aplicación de esta metodología (costo eficiencia) se requiere que las diferentes opciones de proyecto presenten condiciones de satisfacción iguales; es decir, que los proyectos alternativos entreguen el mismo beneficio.

El indicador relevante para la toma de decisiones de inversión en proyectos de cierre de vertedero, desde la perspectiva de la evaluación social es el valor actual de **costos de las obras de inversión y el costo de monitoreo**. Para el cálculo del VAC se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

En que “n” es el número de años del horizonte de evaluación; r es la tasa social de descuento; VAC es el valor actual del flujo de costos descontado a la tasa r; I_0 es la inversión inicial; C_t es el costo de operación del monitoreo en el período t.

El VAC deberá calcularse para cada una de las alternativas técnicas identificadas. El criterio de decisión será optar por aquella alternativa que presente un menor valor actual de costos.

6. Antecedentes técnicos del cierre

De acuerdo a lo estipulado en el “REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y DE SEGURIDAD BÁSICAS EN LOS RELLENOS SANITARIOS” Dec. 189 Publicado en el Diario Oficial de 05.01.08

TÍTULO VI

Del cierre y abandono

Artículo 53.- Sin perjuicio de lo previsto en la resolución de calificación ambiental respectiva, se debe dar aviso a la Autoridad Sanitaria competente del término de las operaciones de disposición final de residuos, a más tardar 15 días después de que la instalación haya

completado su capacidad autorizada para recibir residuos sólidos o cuando por cualquier otro motivo deje de recibirlos definitivamente, debiéndose iniciar en dicho momento la ejecución del Plan de Cierre.

En cualquier caso, el proyecto aprobado podrá haber considerado el inicio de las obras contempladas en el Plan de Cierre en forma previa al término de la disposición de residuos en el Relleno Sanitario.

El Plan de Cierre debe detallar al menos lo siguiente:

- a) obras y actividades, tales como la mantención de la cobertura final y del sistema de intercepción perimetral de escorrentías superficiales;
- b) operación, mantención y seguimiento de los sistemas necesarios para evitar riesgos para la salud y el medio ambiente, tales como los de manejo de lixiviados y biogás;
- c) operación y mantención de los sistemas de monitoreo y control;
- d) uso o destino futuro del Relleno Sanitario, incluidas las obras y actividades que se realizarán.

Artículo 54. En un plazo no superior a 365 días de finalizada la disposición final de residuos sólidos en un Relleno Sanitario se deberá haber completado la colocación de la Cobertura Final sobre su superficie, la que tiene como objetivo minimizar la infiltración de precipitaciones y evitar la salida no controlada de biogás. La configuración de la cobertura final deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) debe tener un espesor de al menos 60 centímetros y una conductividad hidráulica inferior o igual 1×10^{-5} cm/s.
- b) se podrá utilizar espesores inferiores si la permeabilidad de la capa es menor o igual que la definida en la letra a) de este artículo. En cualquier caso la cobertura no podrá ser de un espesor menor de 30 cm.
- c) debe incluir una capa de protección contra la erosión que deberá consistir en una capa de suelo de al menos 15 cm de espesor, la que debe ser capaz de sostener vegetación de la zona, si la hubiera.

Artículo 55. El Plan de Cierre deberá mantenerse por un período de al menos 20 años, y deberá contemplar, cuando corresponda, al menos las siguientes actividades:

- a) mantención de la integridad de la cobertura final;
- b) mantención y control del sistema de intercepción de escorrentías superficiales;
- c) mantención y operación del sistema de control de lixiviados;
- d) mantención y operación del sistema de manejo de biogás;
- e) monitoreo de aguas subterráneas.

Del resultado de estas actividades, y de las medidas que se hubiesen adoptado, deberá informarse trimestralmente a la Autoridad Sanitaria, pudiendo ésta autorizar una frecuencia menor, atendiendo a las actividades a realizar, y los resultados de los monitoreos, sin perjuicio de lo dispuesto en la respectiva resolución de calificación ambiental.

Asimismo, se podrá solicitar a la Autoridad Sanitaria adelantar el abandono definitivo del Relleno Sanitario en base a los resultados del seguimiento y de la operación de los sistemas y controles considerados en el Plan de Cierre, con la misma salvedad indicada en el inciso anterior.