

Regionalización de rellenos sanitarios: el caso de Uruguay

División de Agua y
Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-2290

Autores:

Ing. Msc. Carlos Roda

Ing. Paula Pigola

Editores:

Virginia Pardo

Cecilia Maroñas

Nicolás Rezzano

Marcello Basani

Septiembre 2021

Regionalización de rellenos sanitarios: el caso de Uruguay

Autores:

Ing. Msc. Carlos Roda

Ing. Paula Pigola

Editores:

Virginia Pardo

Cecilia Maroñas

Nicolás Rezzano

Marcello Basani

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Regionalización de rellenos sanitarios: el caso de Uruguay / Carlos Roda, Paula Pigola; editores, Virginia Pardo, Cecilia Maroñas, Nicolás Rezzano y Marcello Basani.

p. cm. — (Nota técnica del BID; 2290)

1. Refuse and refuse disposal-Economic aspects-Uruguay. 2. Refuse and refuse disposal-Environmental aspects-Uruguay. 3. Refuse and refuse disposal-Social aspects-Uruguay. 4. Sanitary landfills-Uruguay. I. Roda, Carlos. II. Pigola, Paula. III. Pardo, Virginia, editora. IV. Maroñas, Cecilia, editora. V. Rezzano, Nicolás, editor. VI. Basani, Marcello, editor. VII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. VIII. Serie.

IDB-TN-2290

Palabras clave: Residuos sólidos, rellenos sanitarios, regionalización, Uruguay, Montevideo

Códigos JEL: R58, Q53, Q58

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2021] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



REGIONALIZACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

El caso de Uruguay

Ing. Msc. Carlos Roda
Ing. Paula Pigola



ÍNDICE

	Acrónimos y siglas	iii
	Presentación	v
	Acerca de esta publicación	vi
1	Desafíos para la adecuada disposición final de RSU	1
	1.1. Situación de la disposición final en el interior de Uruguay.....	3
	1.2. ¿Por qué estudiar la opción de regionalización?	6
2	Metodología: modelo económico	7
	2.1. Consideraciones generales	7
	2.2. Disposición final.....	9
	2.3. Transferencia	13
	2.4. Transporte	14
3	Casos de aplicación	16
	3.1. Resultados del análisis económico.....	17
	3.1.1. Colonia	17
	3.1.2. Cerro Largo	18
	3.1.3. Río Negro-Soriano.....	19
	3.1.4. Durazno-Flores	20
	3.1.5. Análisis de los resultados.....	21
	3.2. Una mirada integral	22

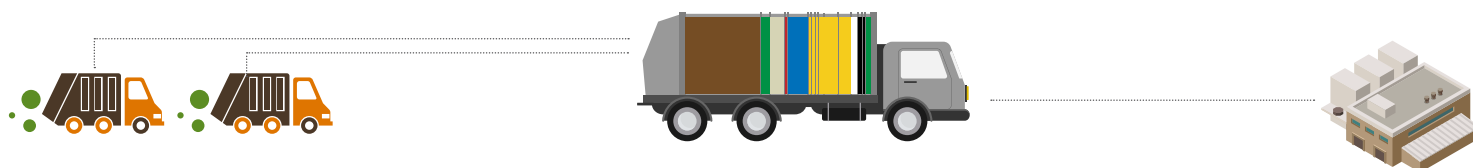
4	Conclusiones	23
----------	---------------------	-----------

5	Recomendaciones finales	25
----------	--------------------------------	-----------

	Referencias	27
--	--------------------	-----------

	Anexo 1: Mapa de Uruguay con localidades principales y casos de estudio analizados	29
--	---	-----------

	Anexo 2: Desglose de caso de estudio	
	Durazno-Flores	30
	2.1. Información general	30
	2.2. Gestión actual de residuos	30
	2.2.1. Análisis económico	
	Durazno-Flores.....	31



ACRÓNIMOS Y SIGLAS

A	Anualidad
ALC	América Latina y el Caribe
ET	Estación de transferencia
Dinacea	Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental
GEI	Gases de efecto invernadero
i	Factor de descuento
I	Inversión
INE	Instituto Nacional de Estadística
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
RS	Relleno sanitario
RSU	Residuos sólidos urbanos
SDF	Sitio de disposición final
vu	Vida útil

PRESENTACIÓN

Esta publicación forma parte de la serie “Aportes para impulsar la economía circular y mejorar la gestión de los residuos sólidos en Uruguay”.

En los últimos años Uruguay ha tenido significativos avances en varias corrientes relacionadas con los residuos sólidos (sanitarios, peligrosos, neumáticos fuera de uso, agroenvases). Sin embargo, en el marco de la nueva Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobada en septiembre 2019, así como en el marco de la pandemia provocada por la difusión de la COVID-19, han surgido desafíos que se deben abordar para asegurar una gestión sostenible y la implementación del principio de economía circular.

En este contexto, el objetivo de la serie es presentar elementos de reflexión sobre el statu quo, así como perspectivas y posibles líneas de acción para abordar dichos desafíos. De este modo, se han estudiado cinco temáticas sobre la gestión de residuos sólidos en Uruguay:

- **De residuos a recursos: Articulando lo ambiental, lo social y lo económico.**
- **De residuos a recursos: Residuos de construcción y demolición en Montevideo.**
- **Hacia un reciclaje inclusivo: Experiencias y desafíos de la formalización de clasificadores de residuos en Montevideo.**
- **Regionalización de rellenos sanitarios: El caso de Uruguay.**
- **Una gestión de residuos sólidos resiliente frente a la emergencia sanitaria: El caso de Uruguay.**

Estas publicaciones no habrían sido posibles sin los aportes de distintas instituciones, como la Intendencia de Montevideo, la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (Dinacea) y la Cámara de la Construcción del Uruguay, así como de sus autoridades y cuerpos técnicos.

Si esta serie de publicaciones sirve para dar nuevos pasos hacia un sistema de gestión de residuos sólidos inclusivo, circular, eficiente y eficaz en Uruguay, y permite brindar elementos metodológicos para la mejora de la gestión de residuos sólidos en la región, su objetivo estará cumplido.

Editores técnicos: Virginia Pardo, Cecilia Maroñas, Nicolás Rezzano y Marcello Basani.

Un reconocimiento especial a los revisores de pares de este documento: Rosalba Sarafian, Javier Martínez, Magda Correal y Alfredo Rihm.

ACERCA DE ESTA PUBLICACIÓN

El objetivo de la siguiente publicación es ofrecer elementos de reflexión sobre la conveniencia económica de regionalizar la disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU)¹ de más de una localidad del interior² de Uruguay en un único relleno sanitario. Así, puede ser de ayuda para la toma de decisiones en la elaboración de los planes departamentales de residuos que se desarrollarán próximamente.

A modo de contexto, se comienza describiendo la situación actual de la gestión de RSU en Uruguay, abordando principalmente el problema de la falta de infraestructura adecuada de disposición final, en conjunto con presupuestos departamentales acotados. Debido a que hoy la mayor parte de las ciudades del interior no cuentan con un relleno sanitario, se evalúa la posibilidad de su implantación en forma regional, con miras al ahorro de costos y a la optimización de la gestión. A su vez, la Ley 19.829 de Gestión Integral de Residuos (2019) supone un panorama alentador para estas iniciativas, ya que explícitamente promueve los rellenos sanitarios regionales.

Como herramienta para evaluar en forma temprana la conveniencia económica de la regionalización, se desarrolló un modelo que considera los costos de la transferencia de residuos, el transporte al relleno sanitario y la disposición final, a fin de determinar cuál es la mejor alternativa, desde el punto de vista económico, para lograr la implantación de nuevos rellenos sanitarios. El modelo supone la infraestructura que se construirá y un tipo de operación necesaria, así como costos unitarios para los diversos rubros considerados. La existencia de características y necesidades particulares propias de la ubicación y del entorno de cada relleno sanitario redundante en cierto grado de incertidumbre en cuanto a los resultados. Con el objetivo de testear su uso como herramienta preliminar en el país, se contrastó con la escasa información existente de costos de transferencia, transporte y disposición final en rellenos sanitarios, y se realizaron algunas correcciones. En esta publicación se presentan los resultados finales en forma gráfica.

¹ La Ley 19.829/19 de Uruguay se refiere a los “residuos domiciliarios” y “de limpieza de espacios públicos” sin definir el concepto de residuos sólidos urbanos (RSU). A los efectos de la presente publicación, de acuerdo con una terminología común en América Latina y Caribe (ALC), el término RSU incluye los residuos domiciliarios y los de limpieza de espacios públicos. También en esta ley se hace referencia a la regionalización para “promover la organización de la gestión de los residuos domiciliarios por áreas o regiones, que podrá incluir varios departamentos o partes de los mismos, para la más eficiente valorización, tratamiento y disposición final de los residuos”.

² La expresión “interior del país” hace referencia a los departamentos fuera de la capital nacional.

La metodología se desarrolló para su aplicación en el contexto de Uruguay, por lo que se enfoca en ciudades pequeñas, con menos de 120.000 habitantes y distancias de no más de 100 km entre ellas. Al estar parametrizadas todas las variables que se consideran para llegar al monto final de la gestión de los RSU, resulta una metodología fácilmente replicable para todas las situaciones que estén comprendidas dentro de las hipótesis de diseño.

Específicamente, en esta publicación se presenta el resultado de la aplicación de esta metodología a cuatro casos de estudio, con un análisis de los resultados económicos y un breve estudio de otros aspectos que se deben considerar (ambientales, sociales, de gestión y políticos).

Finalmente se extraen conclusiones acerca del modelo económico y de los casos de estudio, y se incluye un conjunto de recomendaciones generales para tener en cuenta, relativas a las posibilidades de regionalización de la disposición final de RSU.

DESAFÍOS PARA LA ADECUADA DISPOSICIÓN FINAL DE RSU

Tanto la infraestructura existente como el equipamiento utilizado y la operación realizada en un sitio de disposición final de residuos sólidos deben asegurar condiciones sanitarias adecuadas y minimizar su impacto negativo en el ambiente y la sociedad.

Los vertederos a cielo abierto³ son un claro ejemplo de una práctica inadecuada por falta de infraestructura y de un manejo apropiado. Además de que no se cuenta con una organización ni con equipamiento adecuado para la operación, en estos sitios usualmente existen voladuras de residuos hacia predios vecinos, se generan olores, ingresan animales y vectores (lo cual facilita la transmisión de enfermedades) y se emiten gases de efecto invernadero (GEI), que a su vez generan el riesgo de incendio. Este tipo de disposición final también implica que no se gestionen los lixiviados que se forman por la descomposición de los residuos y por la percolación de aguas pluviales, lo que representa un riesgo en términos de contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas. Asimismo, es corriente la presencia de clasificadores informales de materiales, quienes trabajan en condiciones de

³ Vertedero a cielo abierto: “Lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma no controlada sin recibir ningún tipo de tratamiento sanitario. Sinónimo de botadero, vaciadero, tiradero, basurero, etc.” (Tello et al., 2011).



alta precariedad e insalubridad; esto a su vez se vincula con la quema de residuos para la recuperación de metales, lo que constituye una fuente de liberación de tóxicos como dioxinas y furanos.

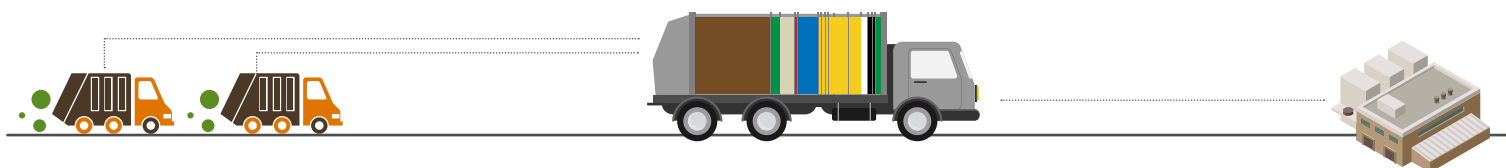
Si bien en los últimos años en la región de América Latina y el Caribe (ALC) ha habido avances significativos en esta materia, se estima que los RSU generados por el equivalente al 27% de la población de esta región todavía son dispuestos en vertederos a cielo abierto. Si a esto se añade lo que tiene como destino la disposición controlada en vertederos,⁴ resulta que cerca de un 43% es dispuesto mediante este tipo de prácticas no adecuadas (Kaza et al., 2018). Esto se debe principalmente a que el tramado institucional es débil, aunque en prácticamente todos los países de la región existen normas jurídicas que rigen la actividad de los generadores y gestores de residuos. En general las competencias no se encuentran claramente definidas y las acciones de seguimiento y control de la normativa existente no son suficientes, lo que lleva a que con frecuencia no se cumplan las prácticas correctas de gestión (ONU Medio Ambiente, 2018).

Un ejemplo para tomar en cuenta es el de Colombia, donde se logró la disposición final en 65 rellenos sanitarios regionales de los residuos generados en 969 municipios, lo cual trajo aparejados la mejora de la gestión de RSU y un aumento considerable de la cantidad de RSU dispuestos formalmente en sitios de disposición final (SDF) autorizados (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019).

En Uruguay existe una gran cantidad de vertederos a cielo abierto, por lo que analizar la posibilidad de centralizar la disposición en rellenos sanitarios regionales podría resultar en una mejora significativa.⁵

4 “Vertedero controlado: “Lugar para la disposición final de los residuos sólidos, que no cuenta con la infraestructura propia de un relleno sanitario, pero sí con algunas medidas de control” (Tello et al., 2011). Estas medidas de control pueden abarcar desde un cercado perimetral, una señalización o una balanza, hasta cobertura, compactación de residuos, captación de biogás, etc.

5 En la presente publicación no se consideran otras alternativas al relleno sanitario, debido a la pequeña escala de las localidades analizadas y al hecho de que no existen otros tipos de infraestructura de disposición final adecuada en el país.



1.1 SITUACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL EN EL INTERIOR DE URUGUAY

Uruguay es un país de 3,5 millones de personas, subdividido en 19 departamentos. Fuera de Montevideo (la capital) residen 2,1 millones de habitantes, de los cuales un 92% vive en ciudades que no superan los 120.000 pobladores y la mayoría, en urbes con menos de 50.000 (INE, 2019). La mayor distancia en línea recta del país es de 571 km, y las localidades se encuentran dispersas en el territorio y a distancias considerables (varias capitales departamentales están a una distancia de alrededor de 100 km). En el anexo 1 se incluye un mapa del país, en el cual se identifican las principales localidades.

En el interior del Uruguay (se excluye del presente estudio la capital, Montevideo), aproximadamente la totalidad de los residuos generados en los hogares tiene como destino un SDF y las tasas de recuperación de materiales para reciclaje o valorización son muy bajas. La gestión de RSU está a cargo de los gobiernos departamentales.

Actualmente, los gobiernos de siete departamentos (Canelones, Cerro Largo, Río Negro, Rocha, Paysandú, Salto y Rivera) se encuentran desarrollando proyectos para mejorar la condición de sus SDF principales (con un total aproximado de 987 ton/día).⁶ Los gráficos 1 y 2 resumen la situación actual de disposición final en el interior del país según la información recabada⁷ y su proyección si se ejecutaran todos los proyectos de relleno sanitario que están en curso. Se debe remarcar que varios de estos proyectos se encuentran en una etapa muy incipiente y sin financiamiento para la inversión, la operación y/o el mantenimiento asegurado, por lo que existen riesgos de que no se concreten, sin ahondar en otros riesgos relativos a su sostenibilidad. Aun en el mejor escenario analizado (gráfico 2), la disposición final inadecuada continuaría en el corto plazo, con valores por encima de la media de la región de ALC (27%, según Kaza et al., 2018).

⁶ Canelones tiene una escala mayor a la del resto de los departamentos y totaliza 530 ton/día de generación. Para la estimación de las generaciones de RSU se utiliza una tasa de 1 kg/hab-día (Roda, 2019).

⁷ El diagnóstico se efectuó a comienzos de 2019 en base a datos relevados principalmente en 2018, donde se consideraron antecedentes de estudios y proyectos realizados en los sitios de disposición final (SDF) de algunos departamentos, y se llevaron a cabo entrevistas a la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (Dinacea), a la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) y a las intendencias departamentales. Los nuevos rellenos sanitarios de Rocha y Fray Bentos comenzaron su operación en 2020.

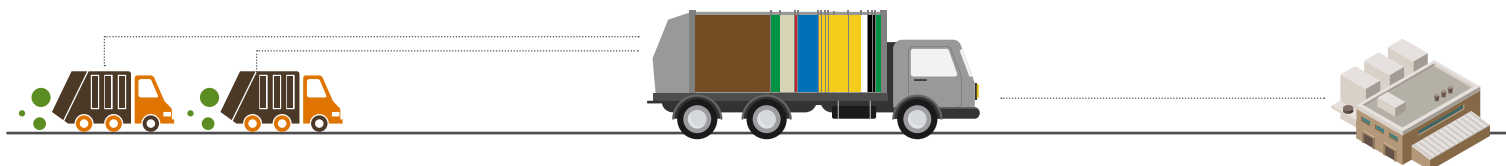


Gráfico 1: Resumen de disposición final actual en el interior de Uruguay según población

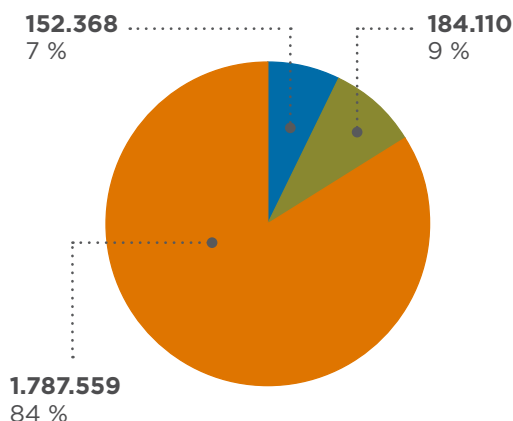
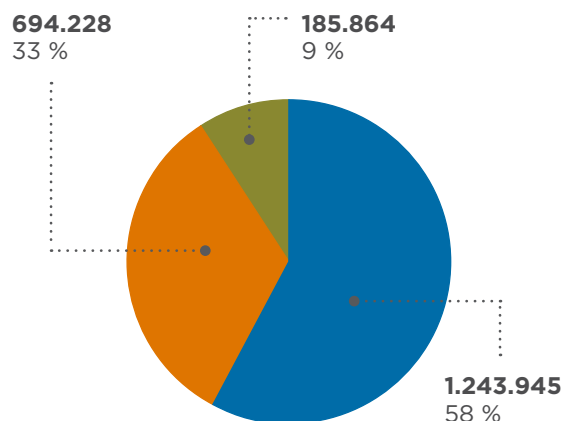


Gráfico 2: Resumen de disposición final futura eventual en el interior de Uruguay según población



■ adecuado ■ controlado ■ inadecuado

Fuente: Elaboración propia.

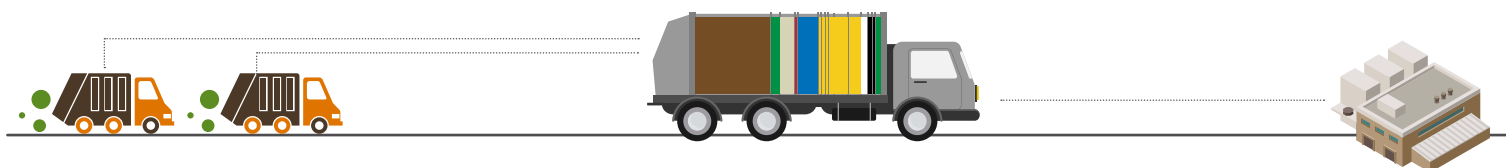
Nota: Para el gráfico 1 se partió del diagnóstico “Información de base para el Diseño de un Plan Estratégico de Residuos Sólidos” (CSI Ingenieros-Estudio Pittamiglio, 2011), que utilizó una metodología adaptada del indicador propuesto por la CETESB “Índice de calidad ambiental de rellenos sanitarios”, empleado para evaluar los rellenos sanitarios de São Paulo, Brasil. Para categorizar como adecuado, controlado e incontrolado se consideran tres aspectos del SDF: infraestructura existente, condiciones operativas y aptitud del medio. En la consultoría “Economía de escala mediante la regionalización de rellenos sanitarios en Uruguay: Estrategia país” (Roda, 2019) se actualizó esta clasificación y se estudiaron únicamente los SDF que hubiesen sufrido cambios significativos en los últimos años.

Los gobiernos departamentales, en general, no cuentan dentro de su planificación financiera con recursos suficientes para una correcta disposición final. En este sentido, cabe mencionar que actualmente no hay transferencias sistemáticas de recursos económicos desde el gobierno nacional para la gestión de RSU, salvo algunas excepciones que han implicado el financiamiento de ciertas obras puntuales.⁸ Además, la mayoría de las intendencias carecen de tarifas específicas para la gestión de residuos y sistemas de contabilidad de costos que aseguren su sostenibilidad financiera.

Los gobiernos departamentales no manejan datos específicos sobre los costos de operación de disposición final. En base a los antecedentes analizados, se estima que los costos actuales son bajos, cercanos a US\$10 por tonelada⁹ o incluso menores (CSI Ingenieros-Estudio Pittamiglio, 2011). En consecuencia, la infraestructura no suele ser adecuada y, a su vez, el control de ingreso y las actividades de operación resultan insuficientes en la mayoría de los SDF.

⁸ Por ejemplo, en 2017 el Fondo de Desarrollo del Interior financió la ampliación del SDF de Paysandú (OPP, 2017).

⁹ Información de 2011 actualizada con el valor del dólar de 2019.



El último diagnóstico realizado fuera de la región metropolitana de Montevideo (CSI Ingenieros- Estudio Pittamiglio, 2011) se centró en 24 SDF del interior del país, abarcando todos los de capacidad mayor a 10 ton/día, a partir de lo cual se determinó que únicamente uno contaba con condiciones adecuadas de disposición final (Maldonado, con 184 ton/día en 2018).¹⁰ En base a información proporcionada por los gobiernos departamentales, se actualizó la situación a 2018¹¹ y se concluyó que un solo departamento había mejorado notoriamente su gestión (Florida- 45 ton/día) y que cuatro SDF habían sido abandonados o clausurados (y la disposición de sus residuos se había reubicado en otros vertederos), mientras que los SDF restantes no presentaban cambios significativos (Roda, 2019). Sin duda el avance a nivel nacional ha sido escaso, y para aspirar a mejoras ambientales con mayor impacto se requieren un notorio cambio de gestión y una mayor articulación entre las principales instituciones públicas involucradas.

Finalmente, como antecedentes de regionalización, en el país se han concretado algunos avances impulsados por el gobierno central entre ciudades de un mismo departamento, centralizando la disposición final en el SDF de la capital departamental, donde es gestionada por los gobiernos departamentales. De todas maneras, esto no ha implicado mejoras en infraestructura, ya que la mayoría de los SDF continúan siendo operados como vertederos a cielo abierto.

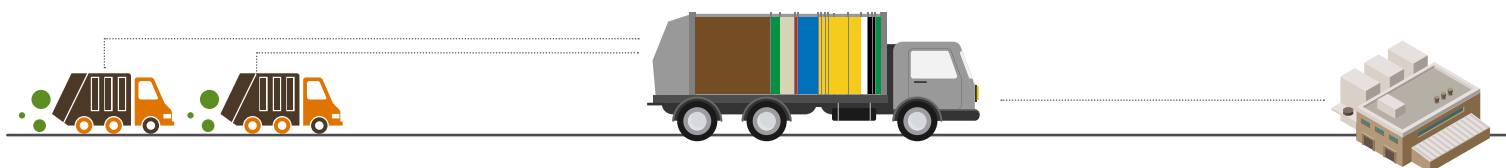
En lo que se refiere a la regionalización interdepartamental, si bien existen antecedentes de estudios y proyectos para regionalizar la disposición final entre más de un departamento, actualmente solo algunas pequeñas localidades cercanas comparten la disposición final y lo hacen de forma bastante precaria.¹²

Cabe destacar que los gobiernos departamentales de Río Negro y Soriano desarrollaron un proyecto para la construcción de un relleno sanitario para las ciudades de Fray Bentos, Mercedes y Dolores. Sin embargo, la falta de consenso político y de un marco institucional claro de respaldo para un acuerdo interdepartamental ha impedido su concreción (Roda, 2019).

10 Para la estimación de las generaciones de RSU se utiliza una tasa de 1 kg/hab-día (Roda, 2019).

11 Se consideran en el análisis de la situación actual los siguientes SDF que no fueron examinados en 2011: Reducto (departamento de Colonia), Cañada Grande (Canelones) y Ciudad del Plata (San José).

12 El diagnóstico se realizó a comienzos de 2019, en base a datos relevados principalmente en 2018. Hay avances que no fueron registrados, como el proyecto de relleno sanitario en Paso de los Toros (Tacuarembó) que considera a su vez la localidad de Centenario (Durazno).



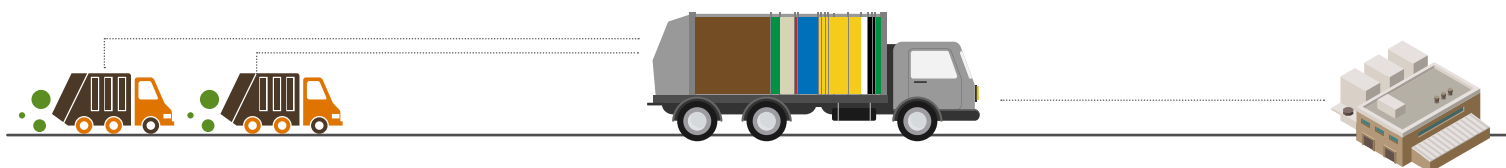
1.2 ¿POR QUÉ ESTUDIAR LA OPCIÓN DE REGIONALIZACIÓN?

Al considerarse la situación actual del país en materia de disposición final de RSU, se observa la necesidad de una importante inversión para efectuar la transición de vertederos a cielo abierto a rellenos sanitarios adecuadamente operados. Esa inversión puede reducirse con la regionalización gracias al ahorro de costos que se obtiene por las economías de escala, lo que puede impulsar la implantación de un sistema y de una infraestructura adecuados. La Ley 19.829 de Gestión Integral de Residuos aprobada en 2019 propone en las directivas generales y específicas promover y facilitar la regionalización y minimización de numerosos SDF, lo que representa un panorama alentador para la búsqueda de una economía de escala. En particular, la Ley manifiesta: “Se debe promover la organización de la gestión de los residuos domiciliarios por áreas o regiones, que podrá incluir varios departamentos o partes de los mismos” (Ley 19.829). En el artículo 17 se establece la Comisión de Coordinación y Planificación de Residuos, en busca de la coordinación y cooperación entre las administraciones públicas competentes en la materia.

A su vez, la implementación de rellenos sanitarios de mayor escala permitiría emplear en su diseño, construcción y operación recursos técnicos y materiales que para la mayoría de los rellenos de tamaño reducido resultan significativamente más complejos y costosos. Estos aspectos podrán redundar en mayores controles y menores impactos ambientales.

Por consiguiente, parece ineludible el análisis de la regionalización de SDF en el interior del país, considerando que se deben gestionar rellenos sanitarios de mayor tamaño (con precios unitarios más bajos) y recorrer distancias más largas que las actuales para trasladar los residuos. El presente estudio busca ser una herramienta de apoyo para la toma de estas decisiones en la elaboración de los planes departamentales de gestión de RSU que se desarrollarán próximamente en el marco de la Ley Integral de Residuos Sólidos.

Con este fin, resulta necesario estudiar si los ahorros en disposición final por contar con rellenos sanitarios de mayor tamaño compensan los sobrecostos de transferencia y transporte de los residuos entre ciudades.

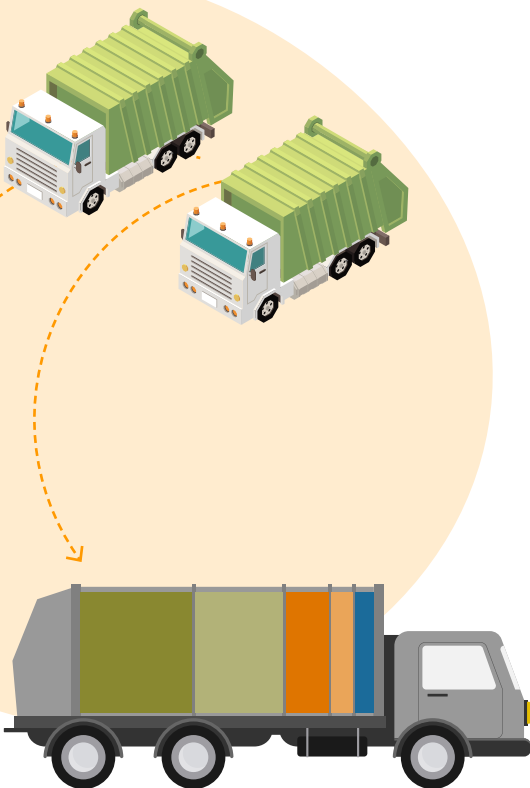


METODOLOGÍA: MODELO ECONÓMICO

Con el objetivo de evaluar económicamente la alternativa de regionalización, en la consultoría “Economía de escala mediante la regionalización de rellenos sanitarios en Uruguay: Estrategia país” (Roda, 2019) se desarrolló un modelo económico teórico para determinar los costos unitarios de las etapas de la gestión de residuos, los cuales varían cuando se centraliza la disposición final. A continuación se presentan las consideraciones realizadas y los resultados de este modelo.

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La regionalización implica el transporte de residuos a distancias de magnitud considerable, para las que en general los camiones recolectores no son eficientes, por no haber sido diseñados con este fin. Por tal motivo, para centralizar los RSU de varias ciudades en un único relleno sanitario, es conveniente transferir los residuos a camiones de mayor carga que los recolectores. Esto significa que se generan nuevos costos, asociados a las etapas de transferencia y de transporte por carretera hasta el SDF, que deben sumarse a los costos de disposición final correspondientes. Se asume que los costos de recolección permanecen sin cambios para las diferentes alternativas analizadas con y sin regionalización.



También se modifica el costo unitario de la disposición final, dado que al aumentar el tamaño de un relleno sanitario se reducen los costos de inversión y operación por tonelada dispuesta.

En el cálculo de cada etapa se consideran los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento,¹³ los cuales dependen de la escala (cantidad de residuos a gestionar) y de la distancia existente al relleno sanitario, en el caso de la etapa de transporte.

El costo “*inversión*” incluye la compra de terrenos, la construcción de infraestructura y la inversión en equipamiento. Debido a que las inversiones en obras y equipos (*I*) duran varios años, se calcula el costo de capital (*Cc*) en forma de anualidades, teniendo en cuenta la vida útil (*Vu*) de los distintos bienes y una tasa de interés anual del capital invertido (*i*). Este factor de descuento (*i*) se considera que es un 8%, el cual incluye los beneficios que obtendrá una empresa privada. La anualidad *A* corresponde al factor de corrección necesario para llevar este costo de inversión a su valor actual, considerando que se paga una cantidad fija cada año a lo largo de la vida útil.

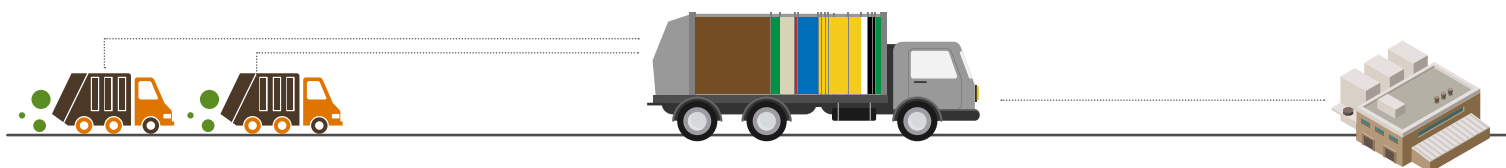
$$\text{Inversión anualizada} = Cc = I.A$$

Así, se obtiene la anualidad (*A*) tal como se describe a continuación:

$$A = i \frac{(1 + i)^{Vu}}{(1 + i)^{Vu} - 1}$$

Los costos de “*operación y mantenimiento*” incluyen la mano de obra necesaria, insumos, mantenimiento y reparación, gastos de administración, impuestos y seguros. Así, se obtiene el costo para cada etapa en función de la cantidad de residuos a gestionar y de la distancia de transporte necesaria.

¹³ Los costos de impuestos asociados al valor agregado no se incluyen en el análisis.



La estandarización de los casos de regionalización y la simplificación de la realidad¹⁴ generan un error que no es factible cuantificar, ya que la cantidad de información de costos reales en el país es poca. Sin embargo, el modelo teórico se contrasta con los escasos valores existentes de licitaciones ejecutadas por los gobiernos departamentales de proyectos similares recientes, con lo cual se verifica que los resultados no se alejen significativamente de la realidad y se realizan ajustes en caso de ser necesarios. Luego, se considera que el modelo se puede aplicar a otras situaciones del país, con fiabilidad suficiente.¹⁵ Se espera que la cantidad de datos se incremente a medida que aumente el tiempo de operación de la infraestructura existente y se concreten nuevos proyectos bien operados, lo cual permitirá una mejor calibración del modelo.

2.2 DISPOSICIÓN FINAL

Para determinar los costos de inversión en infraestructura de un relleno sanitario se realiza un pre-diseño del relleno, sin considerar las posibles particularidades de una ubicación específica, con todas las variables parametrizadas en función de su capacidad. De esta forma, para un tonelaje dado de residuos a disponer, el modelo determina el volumen de la celda y su superficie y, a partir de allí, todos los demás componentes del sistema asociados a las celdas. El modelo también tiene predefinidas, en función de su capacidad, las instalaciones complementarias necesarias en el predio. El gráfico 3 detalla los elementos considerados hasta la clausura del relleno sanitario.

¹⁴ La realidad es variable para cada relleno sanitario y cada localidad. Por ejemplo, el subsuelo en el predio a implantarse puede determinar las características del proyecto y las necesidades en el proceso de obra. De la misma forma, la disponibilidad y los precios de los materiales en distintas localidades pueden ser factores determinantes.

¹⁵ Solamente se obtuvieron costos de dos rellenos sanitarios y cuatro estaciones de transferencia, con cifras muy dispares. En el caso de la transferencia se corrige el modelo (aumentando cerca del 20% los costos unitarios resultantes) para que los valores teóricos se ajusten a los costos de los dos contratos de transferencia relevados (uno de los contratos incluye tres estaciones de transferencia). Los datos obtenidos en los modelos de disposición final coinciden con lo relevado, por lo que no son ajustados.

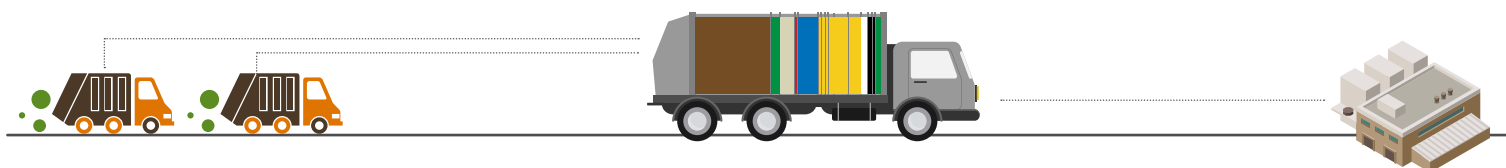
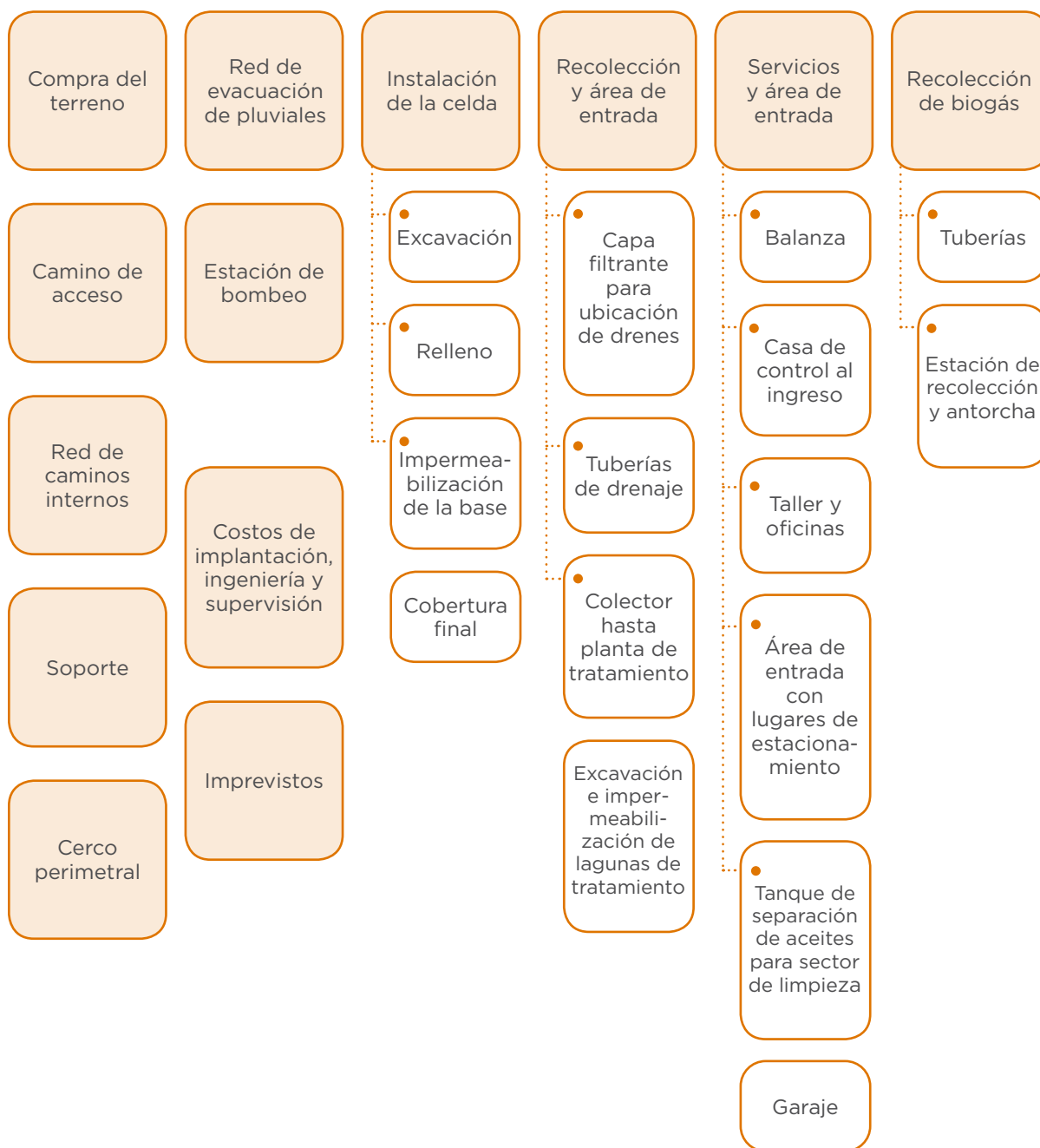
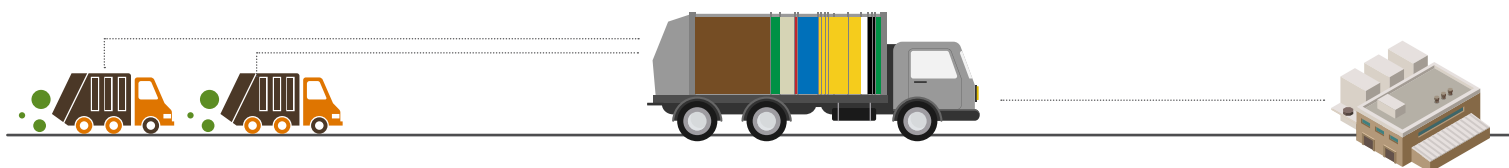


Gráfico 3: Obras de infraestructura consideradas para un relleno sanitario



Fuente: Elaboración propia.



El costo de inversión en infraestructura se obtiene sumando todos los componentes, considerando para cada elemento las cantidades definidas por el modelo y los costos unitarios correspondientes. El costo por tonelada asociado a cada tamaño de relleno sanitario surge de la división de la inversión total en infraestructura de cada relleno (llevada al año cero) entre las toneladas que se disponen hasta el momento de su clausura.

Análogamente, en función de las toneladas ingresadas por día, se determina, en forma parametrizada, la maquinaria para operar el relleno y las horas diarias de operación según los rendimientos de los equipos. En rellenos sanitarios de capacidad inferior a 100 ton/día se establecen equipos para el tendido o topado de los residuos (*bulldozer*), mientras que en rellenos mayores se incluye el costo de un compactador, con lo que se logran densidades de 0,8 ton/m³ y 1,0 ton/m³ respectivamente. Por este motivo se manejan dos curvas de costos versus capacidad.

Por último, también se establecen los recursos humanos necesarios para la operación y la supervisión, y los consumibles que se utilizan en la operación de cada relleno sanitario, parametrizados en función de la escala.

Nuevamente, cabe resaltar que este es un modelo simplificado para comparar económicamente alternativas de escala de rellenos sanitarios durante la vida útil de los mismos. Para elaborar el modelo se consideraron los principales costos directos hasta el momento de la clausura, previendo un 10% de costos adicionales que cubrirían algunos gastos derivados específicos, como el monitoreo ambiental del sistema. Por lo tanto, no se consideraron los costos de la etapa post-clausura (monitoreo ambiental, operación de los sistemas de tratamiento de biogás y lixiviados que se generan una vez clausurado, y mantenimiento de la cobertura vegetal final y del resto de las instalaciones, etc.).

En los gráficos 4 y 5 se resumen los costos de disposición final para distintas cantidades de residuos recibidos en función del grado de compactación. Se presentan los costos unitarios totales, los costos de inversión (expresados como valor actual neto) y los costos de operación y mantenimiento.

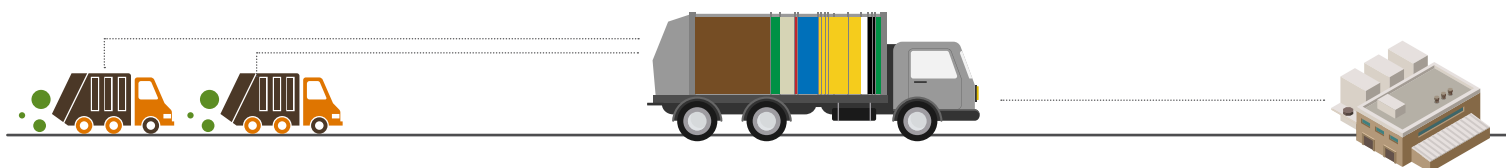
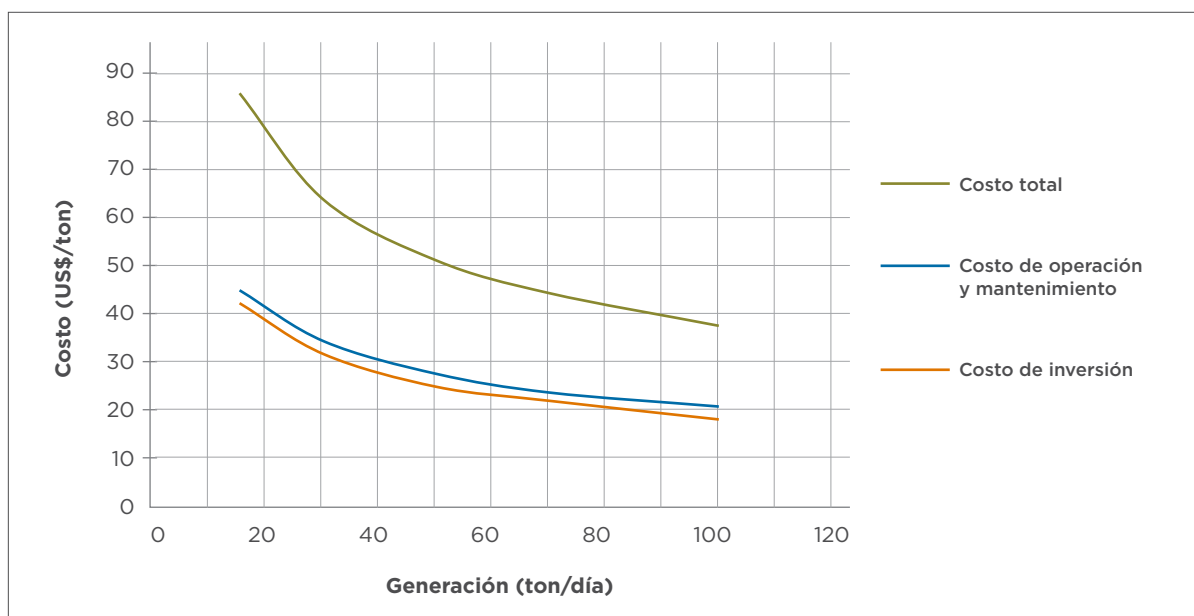
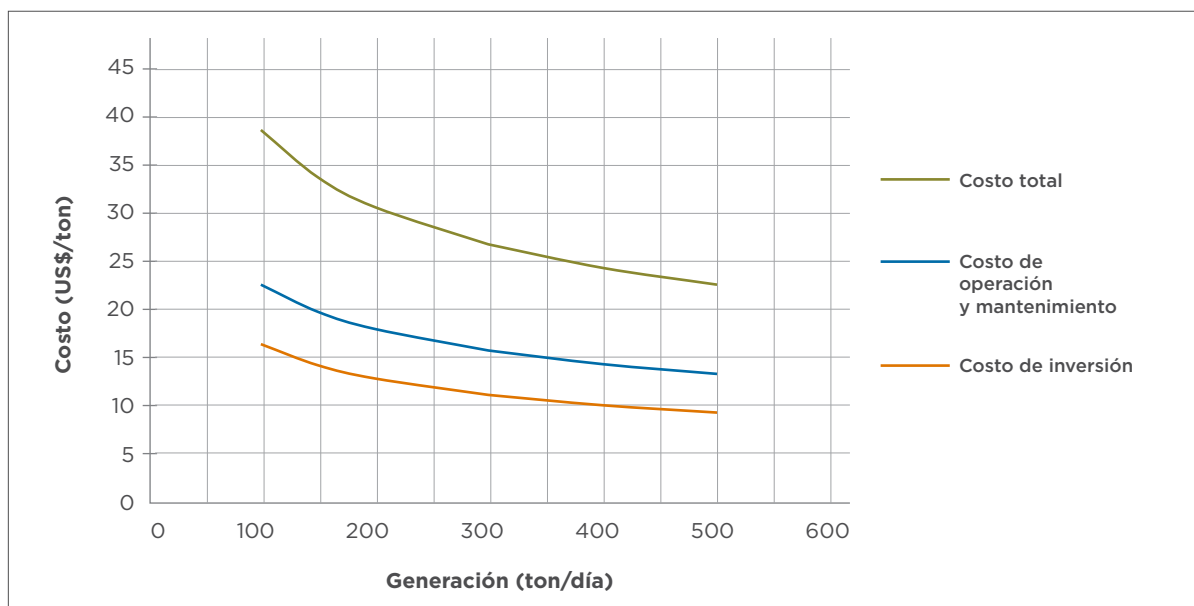


Gráfico 4: Costos unitarios de disposición final con una densidad en la celda de 0,8 ton/m³

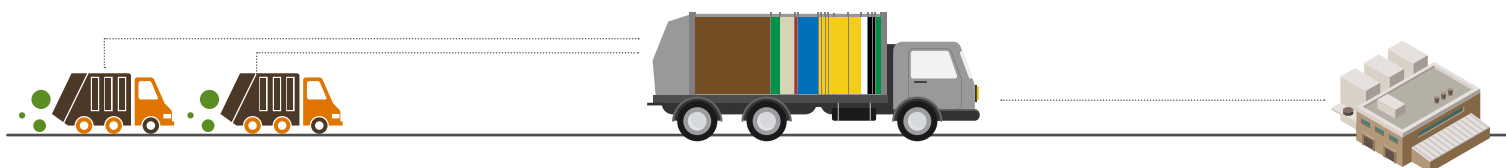


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5: Costos unitarios de disposición final con una densidad en la celda de 1,0 ton/m³



Fuente: Elaboración propia.



Puede observarse cómo, para rellenos de menos de 100 toneladas diarias, el costo unitario de operación y mantenimiento es similar al costo de inversión, mientras que en rellenos de mayor escala los costos de operación y mantenimiento son levemente mayores que los correspondientes a la inversión.

2.3 TRANSFERENCIA

Para los costos de transferencia se consideran estaciones que consisten en una zona techada elevada donde descargan los camiones recolectores. Desde aquí se cargan por gravedad los contenedores (sin compactación de residuos) que posteriormente se transportan hacia el relleno sanitario, utilizando palas cargadoras sobre neumáticos. En el caso de transferencias de entre 10 y 20 ton/día se considera que los camiones recolectores pueden descargar directamente en un remolque que luego transporta los residuos sin que sea necesario el uso de una pala cargadora.

Al igual que en el relleno sanitario, en función de las toneladas a transferir, el modelo pre-diseña de forma parametrizada las obras de infraestructura, los equipos y los recursos humanos necesarios. Posteriormente se determinan los costos asociados en función de la magnitud de cada variable y los costos unitarios correspondientes (metro cuadrado de galpón, costo de una pala cargadora, costo anualizado de recursos humanos, etc.). Las obras incluyen la compra del terreno, la obra civil, los pavimentos exteriores y la ingeniería necesaria. En los equipos se consideran los contenedores, la pala cargadora para una generación mayor a 20 ton/día y una balanza para más de 200 ton/día. Con esta metodología se obtienen los gráficos 6 y 7, que muestran la evolución de los costos en función de las toneladas de RSU a transferir.

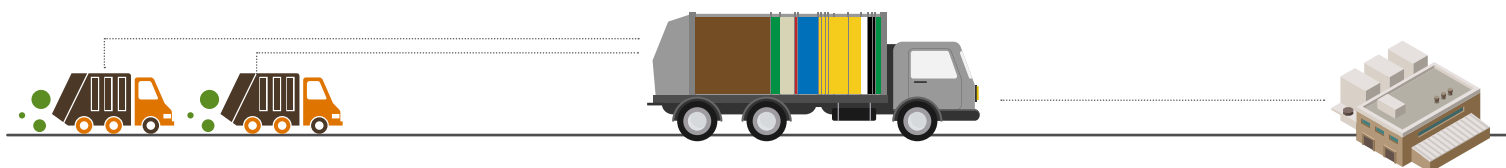
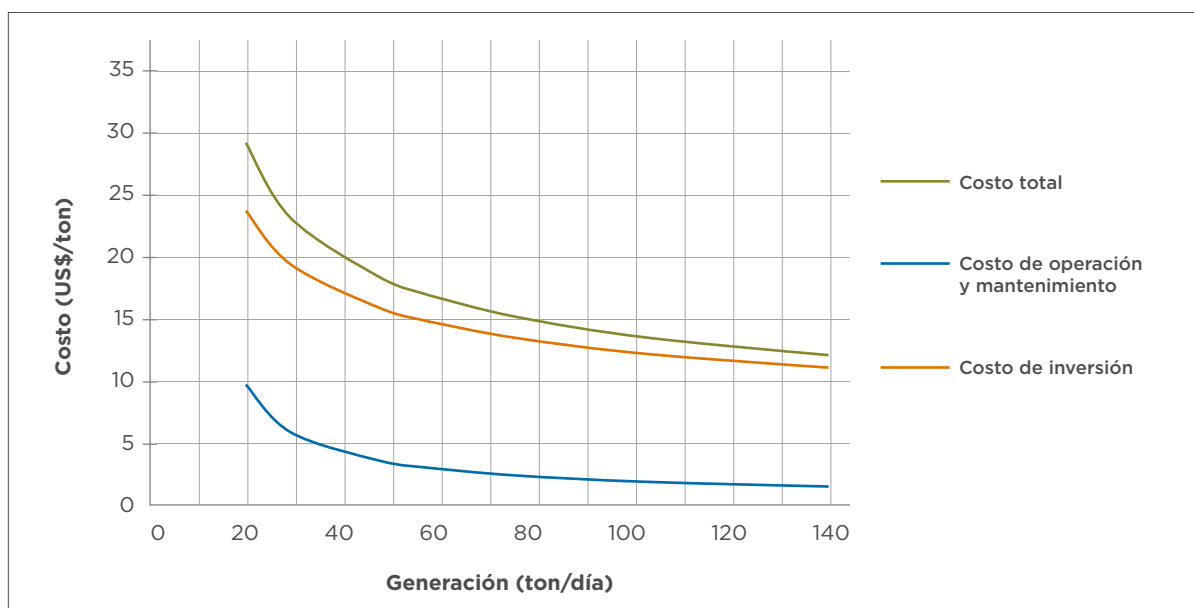


Gráfico 6: Costos unitarios de estación de transferencia



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis se desprende que el costo unitario para estaciones de transferencia de menos de 20 toneladas por día es elevado. Esto es así principalmente por el costo del personal, que se asume que está presente en un turno y tiene una alta incidencia para la transferencia de tan pocas toneladas diarias.

Resulta aconsejable revisar este modelo para pequeñas escalas, en cuyo caso seguramente exista la posibilidad de realizar variantes en el diseño, generar sinergias y compartir recursos, ubicando la estación de transferencia en un predio donde se realicen otras actividades compatibles (por ejemplo, donde haya plantas de clasificación de residuos, talleres de mantenimiento de equipos mecánicos, canteras de extracción de materiales, etc.).

2.4 TRANSPORTE

En este caso el modelo considera en la instancia de inversión un camión con una caja que permite una carga de 20 toneladas de residuos sólidos (en contraste con las 4-10 toneladas de carga usuales de un camión recolector) y en la operación, la remuneración del chofer, los impuestos y los seguros, y el mantenimiento de los vehículos más los consumibles, como combustible, aceite, etc. El costo unitario por tonelada surge de la división del costo total entre el peso de los residuos transportados. Finalmente se obtiene la relación entre los costos de transporte y la distancia entre la estación de transferencia (ET) y el relleno sanitario (RS), que se puede ver en el gráfico 7.

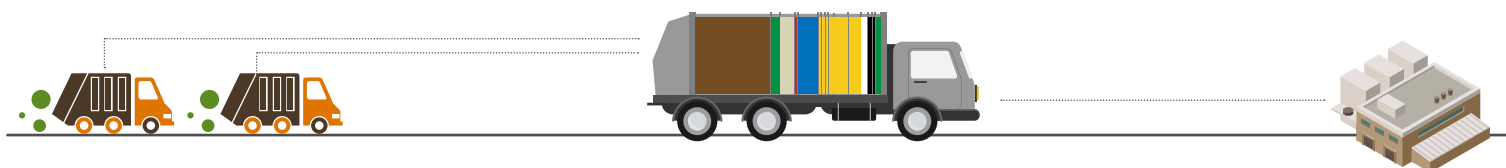
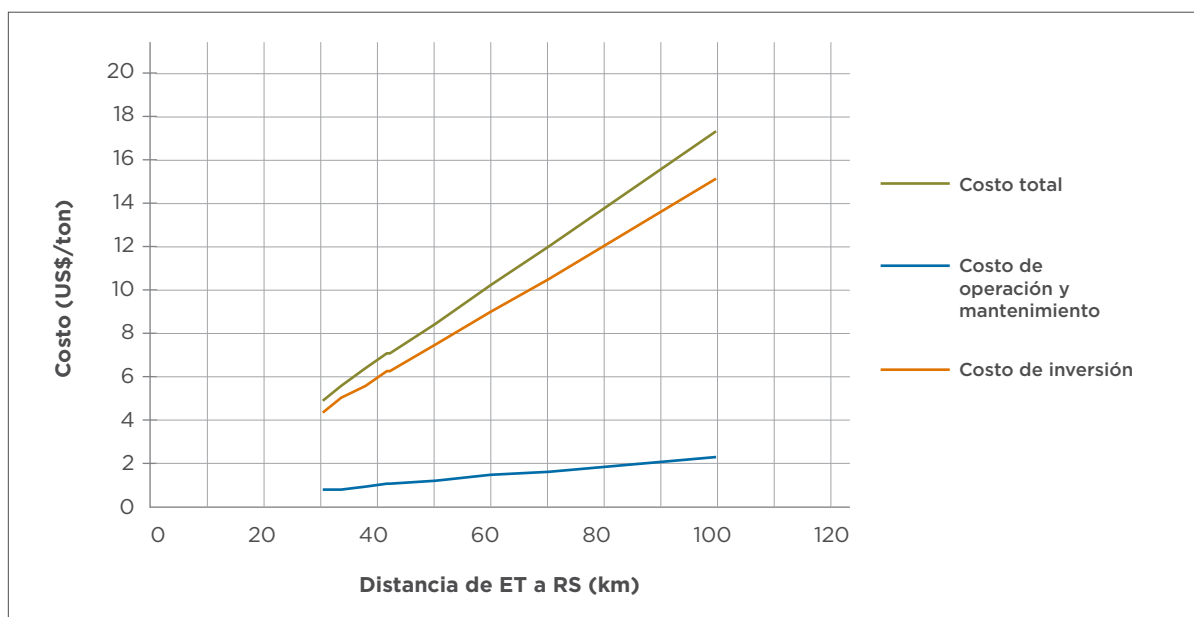


Gráfico 7: Costos unitarios del transporte de residuos en camiones sin compactación



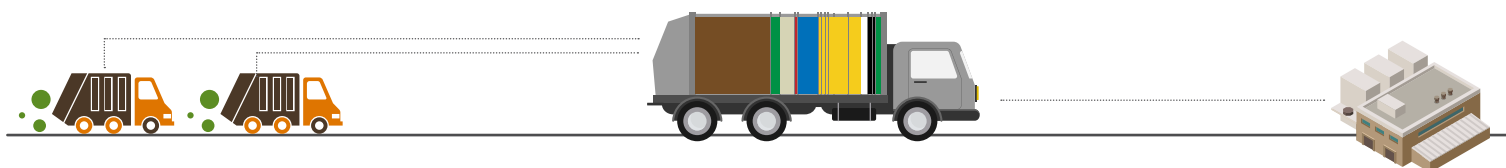
Fuente: Elaboración propia.

ET: Estación de transferencia; RS: Relleno sanitario.

En el caso del transporte en camiones sin compactación,¹⁶ el costo de la tonelada por kilómetro tiene un comportamiento prácticamente lineal, ya que los principales insumos, el chofer y el combustible son proporcionales a los kilómetros recorridos (asumiendo que el chofer y el camión no tienen mayores tiempos improductivos).¹⁷ El costo obtenido es cercano a US\$0,17 por tonelada por kilómetro recorrido.

¹⁶ Se considera el transporte en camiones sin compactación, ya que en el Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana (Fichtner-LKSur, 2005) se determinó que en Uruguay no es más eficiente el transporte en camiones con compactación debido a que la carga máxima en las rutas nacionales está limitada a 30 toneladas/camión.

¹⁷ Este costo se calcula asumiendo que el camión está ocupado todos los días, aunque la cantidad de residuos no lo justifique, ya que es fácil darle otros usos.

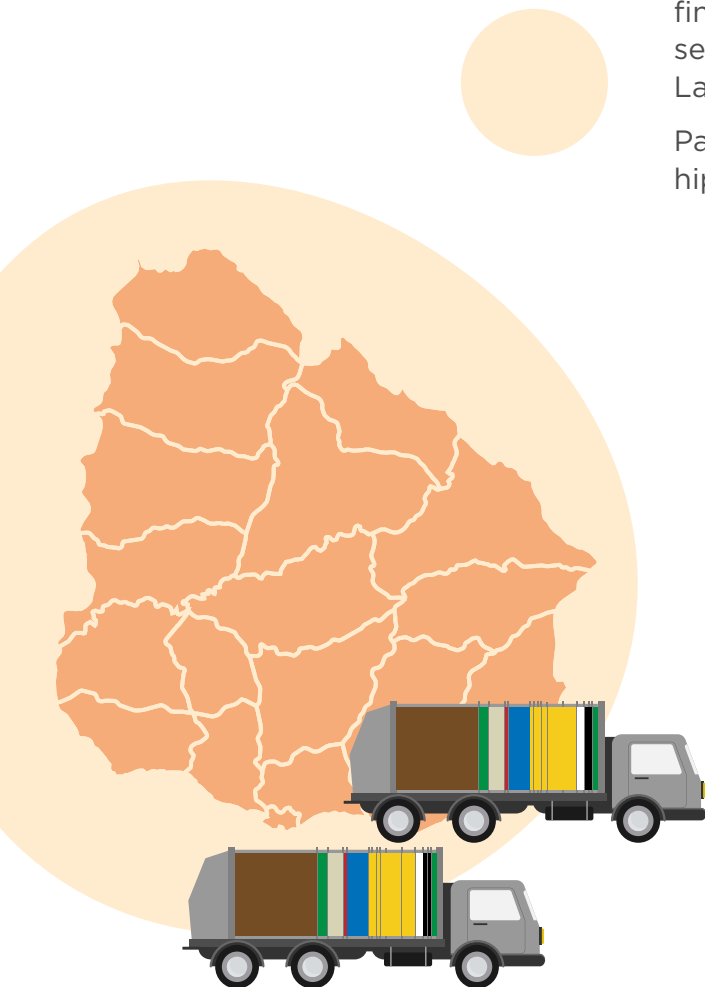


CASOS DE APLICACIÓN

Al analizar las distancias entre las diferentes ciudades del interior de Uruguay y su cantidad de habitantes, se identificaron, entre otros, cuatro casos en los cuales la regionalización de la disposición final tiene potencial de ser económicamente viable: se trata de los departamentos de Colonia, Cerro Largo, Río Negro-Soriano y Durazno-Flores.

Para todos los casos se consideran las siguientes hipótesis:

- Se toman los costos unitarios del modelo calibrado.
- Se considera una tasa de generación de 1 kg/día-persona (Roda, 2019).
- El cambio en la ubicación del relleno sanitario no varía los costos actuales de recolección de cada ciudad. Esto implica que la ubicación del nuevo relleno sanitario regional y de las estaciones de transferencia de las ciudades que aportan al mismo se encuentran en las inmediaciones del SDF existente.
- En los casos en que la disposición final ya se encuentra centralizada entre varias localidades, se considera que en esta ubicación se puede establecer una estación de transferencia regional para las mismas localidades.



3.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se presentan los costos unitarios para los casos de estudio analizados en Uruguay. En el anexo 2 se detalla el caso Durazno-Flores a modo de ejemplo de aplicación de la metodología.

Cuando se analiza la opción de centralizar entre dos ciudades de diferentes poblaciones, la alternativa que resulta más económica es la que implanta el relleno sanitario cerca de la ciudad de mayor tamaño, ya que disminuye la cantidad de residuos que deben ser transferidos y transportados (van directo de la recolección al relleno sanitario), lo cual reduce el costo global del sistema. Esta hipótesis es validada aplicando el modelo a diferentes variantes de ubicación del relleno sanitario.

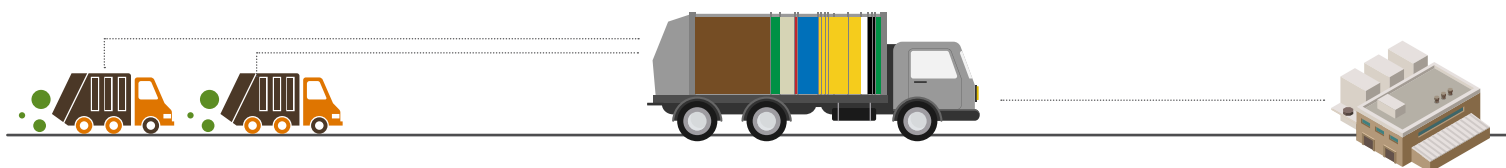
3.1.1. Colonia

Para el departamento de Colonia se compara la disposición de los residuos de cuatro localidades en rellenos sanitarios independientes con la opción de transportarlos hacia un único relleno sanitario ubicado en la ciudad de Colonia del Sacramento.

En el primer escenario no se considera transferencia y transporte para los cuatro casos, ya que los residuos generados en cada ciudad se disponen en un relleno en las inmediaciones de esta. Por su parte, los costos de disposición final son los que surgen del modelo para la generación de residuos de cada ciudad (véase el gráfico 4).

Dentro de los costos para el relleno sanitario regional se considera lo siguiente:

- La disposición final en un único relleno cuya capacidad es la suma de los cuatro rellenos sanitarios independientes (RS).
- Los costos de transferencia para las tres ciudades que deban transferir sus residuos (ET).
- El costo de transporte, que en cada caso surge como el producto entre el costo por tonelada y por kilómetro, y la distancia desde la ciudad al relleno sanitario regional. En la ciudad donde se implanta este relleno sanitario los costos asociados al transporte y a la transferencia son nulos. Como se explica en el apartado 2, la etapa de recolección de residuos no se incluye en el modelo realizado.



A continuación se presenta, para cada localidad, el resumen de costos unitarios para las dos opciones (cuadro 1). A efectos de efectuar una comparación global de las alternativas, se calculan los costos unitarios resultantes del promedio ponderado (con la generación de cada ciudad).

Cuadro 1: Resumen de costos unitarios del departamento de Colonia

Información de partida			Opción de regionalización en Colonia del Sacramento				Opción RS independientes
Ciudad	Generación (ton/día)	Distancia a RS regional (km)	Costos unitarios (US\$/ton)				Costo unitario RS (US\$/ton)
			RS	ET	Transporte	Subtotal	
Colonia del Sacramento	34	0	37,6	-	-	37,6	60,0
El Minuano	42	39		19,0	6,5	63,1	55,2
Conchillas-Carmelo	22	48		24,2	8,0	69,8	73,2
Nueva Palmira	10	96		33,9	15,9	87,4	105,8
Total	108		Promedio ponderado				65,1

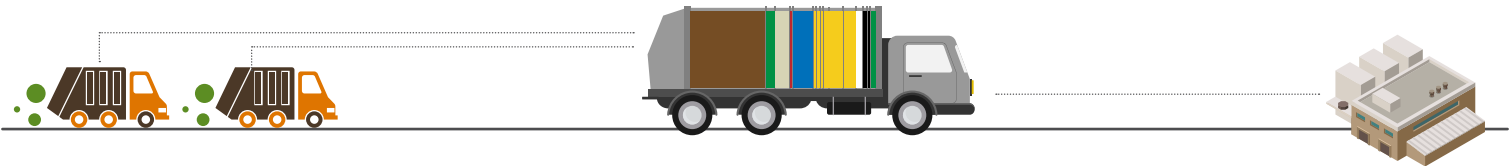
Fuente: Elaboración propia.
 Nota: El subtotal corresponde al costo de regionalización para la localidad considerando todos los costos (disposición final, transferencia y transporte).

Como puede apreciarse en el cuadro, para este caso la opción de regionalización en el departamento de Colonia implica un costo de US\$58,7 por tonelada, mientras que si se construyeran y operaran cuatro rellenos sanitarios este ascendería hasta US\$65,1 por tonelada.

3.1.2. Cerro Largo

Este caso es similar al de Colonia, ya que se estudia la viabilidad de centralizar la disposición final de los residuos de las principales ciudades del departamento de Cerro Largo en un único relleno sanitario que se instalaría en la ciudad de Melo.

Para esto, los residuos de la ciudad de Río Branco deberían ser transferidos y transportados hasta la primera ciudad, con sus correspondientes costos.



Cuadro 2: Resumen de costos unitarios del departamento de Cerro Largo

Información de partida			Opción de regionalización en Melo				Opción RS independientes
Ciudad	Generación (ton/día)	Distancia a RS regional (km)	Costos unitarios (US\$/ton)				Costo unitario RS (US\$/ton)
			RS	ET	Transporte	Subtotal	
Melo	52	0	45,0	-	-	45,0	50,3
Río Branco	15	90		28,8	14,9	88,7	88,7
Total	67		Promedio ponderado				58,9

Fuente: Elaboración propia.

Como se desprende del cuadro 2, el sobre costo unitario que implica transferir y transportar los residuos desde la ciudad de Río Branco hasta la ciudad de Melo (US\$28,8/ton + US\$14,9/ton = US\$43,7/ton) es igual al ahorro que se produce para dicha ciudad en los costos de disposición final (US\$88,7/ton – US\$45,0/ton = US\$43,7/ton), por lo que ambas opciones (con y sin regionalización) tienen el mismo costo unitario.

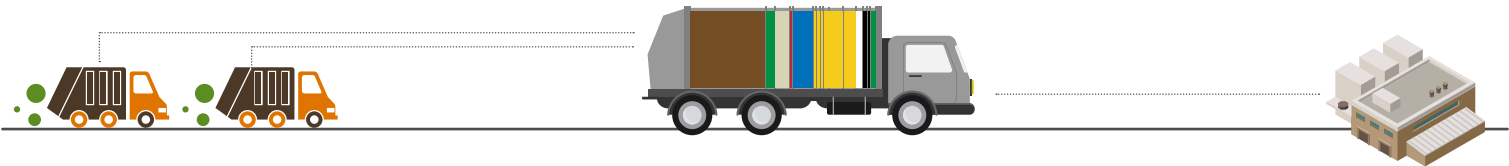
Mientras que un relleno sanitario solo para Melo implicaría un costo de US\$50,3/ton, en el relleno regional este baja a US\$45,0/ton, con lo cual se logra un ahorro de US\$5,3/ton.

Por lo tanto, si se hace la comparación del modelo a nivel departamental, resulta que la centralización de la disposición final en Melo permite ahorrar US\$5,3 por cada tonelada dispuesta.

3.1.3. Río Negro-Soriano

En este caso, se analizan dos departamentos vecinos, estudiando las alternativas de centralizar la disposición final de los residuos de las ciudades de Fray Bentos y Young, pertenecientes al departamento de Río Negro, juntamente con los RSU de las ciudades de Mercedes y Dolores, del departamento de Soriano.

Procediendo en forma análoga, se obtienen los costos unitarios que se exponen en el cuadro 3, presentando la alternativa de regionalización en la ciudad de Mercedes.



Cuadro 3: Resumen de costos unitarios de Río Negro-Soriano

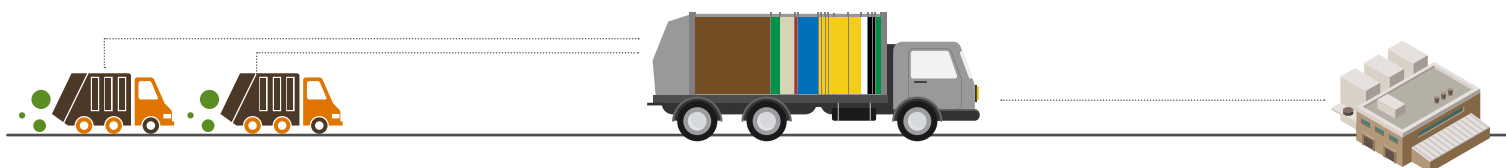
Información de partida			Opción de regionalización en Mercedes				Opción RS independientes
Ciudad	Generación (ton/día)	Distancia a RS regional (km)	Costos unitarios (US\$/ton)				Costo unitario RS (US\$/ton)
			RS	ET	Transporte	Subtotal	
Fray Bentos (Río Negro)	26	34	36,8	22,9	5,7	65,4	68,7
Young (Río Negro)	17	103		27,2	17,1	81,1	83,3
Mercedes (Soriano)	44	0		-	-	36,8	54,1
Dolores (Soriano)	17	39		27,0	6,4	70,2	82,5
Total	104		Promedio ponderado				67,2

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente, de la modelación de las alternativas resulta económicamente más atractivo centralizar en un único relleno sanitario que construir y operar cuatro rellenos independientes.

3.1.4. Durazno-Flores

Este caso es análogo al anterior, es decir que se analiza la conveniencia económica de centralizar la disposición de ciudades de diferentes departamentos en un único relleno sanitario, esta vez en las cercanías de la ciudad de Durazno.



Cuadro 4: Resumen de costos unitarios de Durazno-Flores

Información de partida			Opción de regionalización en Durazno				Opción RS independientes
Ciudad	Generación (ton/día)	Distancia a RS regional (km)	Costos unitarios (US\$/ton)				Costo unitario RS (US\$/ton)
			RS	ET	Transporte	Subtotal	
Durazno-Sarandí del Yí (Durazno)	45	0	44,4	-	-	44,4	53,4
Trinidad (Flores)	23	40		24	6,6	75,0	72,4
Total	68		Promedio ponderado				59,8

Fuente: Elaboración propia.

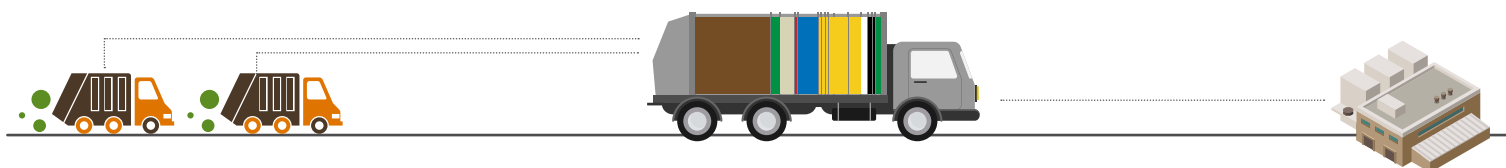
En este caso, según el modelo aplicado, también resulta beneficiosa la regionalización desde el punto de vista económico.

3.1.5. Análisis de los resultados

En los cuatro casos de estudio analizados, de acuerdo con los resultados del modelo, la opción de regionalización resulta menos onerosa que la alternativa de rellenos independientes. Se puede apreciar que, en las condiciones definidas, el caso más favorable es el de Soriano-Río Negro, donde se calcula que se produce el mayor ahorro (18%). También resulta interesante, aunque menos auspicioso, el ahorro en la regionalización Durazno-Flores (9%). De la misma forma, tanto Colonia como Cerro Largo presentan un ahorro estimado del orden del 10% si se concentra la disposición final en un único relleno sanitario por departamento.

Si se analizan los costos de las diferentes etapas de la gestión en la opción de relleno sanitario regional, se observa que el costo de disposición final es siempre el de mayor peso y que también es considerable el costo unitario de la etapa de transferencia. El costo del transporte tiene una incidencia menor, al menos para distancias inferiores a 100 km.

Un aspecto interesante para analizar es el de los costos unitarios por localidad. Si bien la regionalización favorece la reducción de los costos totales de disposición final, en algunos casos (como en El Minuano o Trinidad), el costo unitario regional para la localidad resulta mayor que el costo de un relleno sanitario independiente. Es de suma importancia entonces proponer una distribución de costos justa para todas las partes.



3.2 UNA MIRADA INTEGRAL

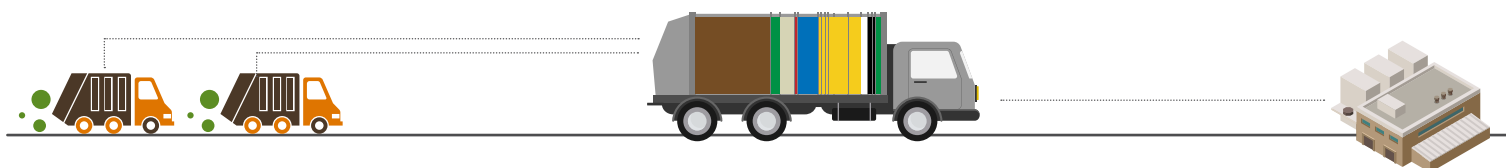
A pesar de que el presente análisis de regionalización se enfoca sobre todo en cuestiones económico-financieras, se destacan otros aspectos que deben considerarse a la hora de analizar la viabilidad de la regionalización.

De los antecedentes relevados, y en función de las entrevistas mantenidas con los responsables de la gestión de los RSU de varios departamentos, se identifica que el gran elemento limitante frente a una opción de regionalización interdepartamental se manifiesta a nivel político. Resulta muy difícil lograr acuerdos entre distintos departamentos que sean perdurables y que se concreten en los momentos adecuados. Por ello, en caso de procurar una regionalización interdepartamental, estas barreras deben ser analizadas y quitadas.

Desde el punto de vista social, la disposición final de RSU produce una reacción negativa, conocida como NIMBY.¹⁸ Este rechazo surge cuando las comunidades locales buscan defender su entorno. La regionalización tiene como ventaja que implica la reducción de la cantidad de rellenos sanitarios, por lo que se espera que haya menos casos de conflicto. Además, se considera que las estaciones de transferencia generan menos rechazo, sobre todo si sustituyen un SDF. El riesgo en estos casos estaría en la reacción de la población local cuando se dispongan residuos de otros departamentos en el suyo. Al igual que sucede con los acuerdos interdepartamentales, esto debe abordarse desde una perspectiva política para evitar el fracaso del proyecto de regionalización.

Por último, si bien es viable construir y operar en forma adecuada rellenos sanitarios de baja escala, se han identificado varios aspectos de la regionalización que facilitan la disminución de los impactos ambientales. Por ejemplo, una mayor escala habilita la designación de recursos humanos más capacitados para la realización del proyecto, la construcción, la operación y el control del relleno sanitario. También se puede lograr un porte que permita la utilización de mejores equipamientos, como compactadores de residuos, y hasta plantas de clasificación y valorización de residuos reciclables (Roda, 2019).

¹⁸ NIMBY: Not In My Backyard (“no en mi patio trasero”).



CONCLUSIONES

La regionalización será beneficiosa desde el punto de vista económico en la medida que la sumatoria de los costos de recolección, transferencia, transporte y disposición final en un relleno sanitario regional, por efecto de la economía de escala, sea inferior a los costos de recolección y disposición final en varios rellenos sanitarios locales. La metodología aplicada permite realizar, desde una perspectiva económica, un análisis rápido del potencial de regionalización de varias ciudades del interior de Uruguay.

Para todos los casos estudiados (rellenos sanitarios regionales de entre 67 y 108 ton/día) resulta beneficioso desde el punto de vista económico regionalizar la disposición final, aunque con un margen pequeño en algunos escenarios. El modelo arroja una diferencia de costos de entre el 9% y el 18% a favor de la regionalización, valores que deben considerarse junto con la incertidumbre del modelo, que contempla un diseño de relleno sanitario estándar y costos unitarios independientes de la localidad. Al considerarse el aspecto financiero, la regionalización en menos rellenos sanitarios implica menores costos de inversión que si se invirtiese en los rellenos individuales equivalentes, y mayores costos de operación y mantenimiento, lo que puede facilitar el acceso a financiamiento en la primera etapa de construcción. Esto se debe a que en los rellenos sanitarios de mayor porte la inversión representa un porcentaje menor del costo total que en rellenos sanitarios más pequeños.



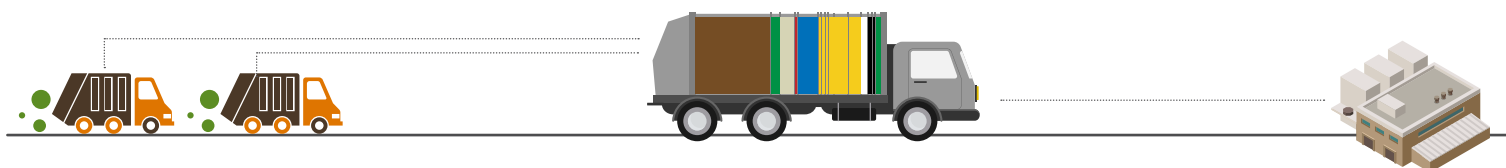
La opción de regionalizar también resulta muy interesante desde la perspectiva ambiental, ya que se puede acceder a diseños, instalaciones, equipamientos y sistemas de control y monitoreo que resultan inviables o sumamente onerosos para escalas menores.

Si se toma en cuenta la situación actual del país, se puede apreciar que en la mayoría de las ciudades del interior los gobiernos departamentales destinan muy pocos recursos para la disposición final de residuos sólidos. Este bajo monto, del orden de US\$10 por tonelada (véase el apartado 1.1), redundaría en la ocurrencia de SDF inadecuados.¹⁹ Por ello, se hace imperioso invertir para mejorar la disposición final de los RSU. La brecha es grande, aun si se considera la regionalización, que minimizaría los costos.

Otro punto para resolver en un escenario de regionalización es determinar cuánto le corresponde pagar a cada departamento por la disposición final en el relleno sanitario, dada la disparidad de costos unitarios para cada localidad. El departamento que aloje el relleno sanitario interdepartamental se vería beneficiado desde el punto de vista económico, porque al incrementar el tamaño del relleno, disminuyen los costos por tonelada. Por su parte, el departamento que debe transportar sus residuos fuera de su jurisdicción debe pagar el costo de transferencia y transporte, además de los costos de disposición final (aunque estos sean menores).

Por último, a partir del modelo económico empleado, resulta claro que la regionalización de Río Negro y Soriano es económicamente beneficiosa si ambos departamentos pretenden dar el paso hacia la disposición de residuos en rellenos sanitarios. Sin embargo, esta opción fue proyectada oportunamente y no se viabilizó por dificultades políticas, por lo que se trata de una barrera compleja de franquear.

¹⁹ Falta de control de acceso, impermeabilización de fondo de celdas, tratado de lixiviados, tapado periódico de residuos, entre otras carencias.



RECOMENDACIONES FINALES

Uruguay debe avanzar hacia la universalización de la disposición final de residuos segura desde las perspectivas sanitaria y ambiental. Para ello, es fundamental contar con una planificación adecuada, que permita asegurar un sistema confiable y viable a largo plazo. En este sentido, si se considera el relleno sanitario como la opción más viable (en reemplazo de los actuales vertederos a cielo abierto), la alternativa de regionalización puede resultar más beneficiosa desde el punto de vista económico, social y ambiental.

A la hora de sopesar oportunidades de regionalización, cabe tener en cuenta la distribución geográfica y de población de las ciudades, y dar preferencia a la localización de un nuevo SDF en las inmediaciones de las ciudades de mayor entidad. Con el objetivo de aprovechar la economía de escala se recomienda considerar todas las localidades cercanas, independientemente de las fronteras políticas y administrativas.

Para los casos de Río Negro y Soriano, y Durazno con Flores, se estima oportuno trabajar en la generación de las condiciones necesarias para la implementación de proyectos de disposición final interdepartamental.

En este sentido, se deben fortalecer los aspectos políticos y administrativos, para lograr acuerdos institucionales y también para anticiparse a los posibles conflictos sociales en el departamento que aloje el relleno sanitario interdepartamental.

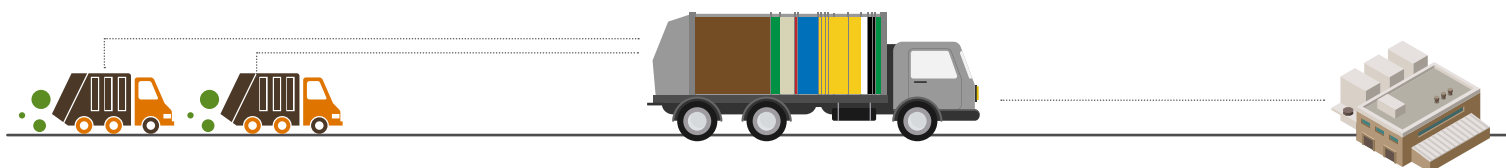


Es prácticamente indispensable la participación de un organismo a nivel del gobierno central para garantizar el cumplimiento de los acuerdos necesarios, cuya vigencia debe trascender las administraciones de turno. Los planes departamentales de gestión de residuos que se desarrollarán próximamente constituyen una oportunidad para considerar este tipo de alternativa.

Para poder comparar rápidamente otros potenciales casos de regionalización, se recomienda a los encargados de la toma de decisiones que realicen inicialmente una evaluación económica preliminar, similar a la presentada en este estudio. Se deben tomar en cuenta tanto los costos de disposición final como los de transferencia y transporte de residuos, e incluir también la etapa de recolección o valorización de materiales si se cree necesario. Esta primera aproximación de costos permite descartar rápidamente algunas opciones y analizar con mayor profundidad aquellas más favorables desde el punto de vista económico.

Los costos de regionalizar tienden a ser menores que la implantación de rellenos sanitarios en cada localidad, pero pueden significar una diferencia presupuestal sustancial en localidades donde la situación actual es inadecuada. Por eso, no solo es importante analizar la significativa inversión inicial, sino que además hay que atender el financiamiento de los costos posteriores para evitar el fracaso en la etapa de operación por no tener ingresos suficientes para asegurar el funcionamiento apropiado. En este sentido, en el análisis de los nuevos rellenos sanitarios se deben considerar los ingresos y egresos necesarios para asegurar la sostenibilidad financiera de los sistemas, lo que debe ser incorporado en los planes departamentales de gestión de residuos sólidos.

Finalmente, cabe señalar la necesidad de que para la toma de decisiones se tengan en cuenta varios factores adicionales al económico y financiero. La mejora de la gestión de RSU conlleva importantes cambios ambientales, sociales y de gestión que deberán influir a la hora de decidir cuál es la alternativa más adecuada. Se recomienda analizar la regionalización con miras a estas mejoras y no enfocarse únicamente en el aspecto económico, donde las diferencias pueden no ser las únicas determinantes.



REFERENCIAS

- CSI Ingenieros-Estudio Pittamiglio. 2011. Información de base para el Diseño de un Plan Estratégico de Residuos Sólidos. Montevideo: Presidencia de la República Oriental del Uruguay. Disponible en <http://retosalsur.org/wp-content/uploads/2013/08/Informaci%C3%B3n-de-base-para-el-dise%C3%B1o-de-un-Plan-estrat%C3%A9gico-de-Residuos-S%C3%B3lidos.pdf>.
- Fichtner-LKSur. 2005. Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana. Montevideo: Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Dirección de Proyectos de Desarrollo. Disponible en http://www.ciu.com.uy/innovaportal/file/36639/1/PDRS_Tomo_I_Plan_Director.pdf.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2019. Anuario Estadístico Nacional 2019, 96ª versión. Montevideo: INE.
- Kaza, S., L. Yao, P. Bhada-Tata y F. Van Woerden. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development Series. Washington, D.C.: Banco Mundial. Disponible en <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.
- Ministerio de Ambiente. 2019. Ley 19.829 de Gestión Integral de Residuos. Montevideo: Ministerio de Ambiente. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/ley-n-19829-fecha-18092020-aprobacion-normas-para-gestion-integral-residuos>.
- ONU Medio Ambiente. 2018. Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Disponible en <https://www.unenvironment.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>.

Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Presidencia de la República Oriental del Uruguay. 2017. El desarrollo del interior como horizonte. Montevideo: Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Disponible en <https://www.opp.gub.uy/es/noticias/el-desarrollo-del-interior-como-horizonte>.

Roda, C. 2019. Economía de escala mediante la regionalización de rellenos sanitarios en Uruguay: Estrategia país. Montevideo: BID.

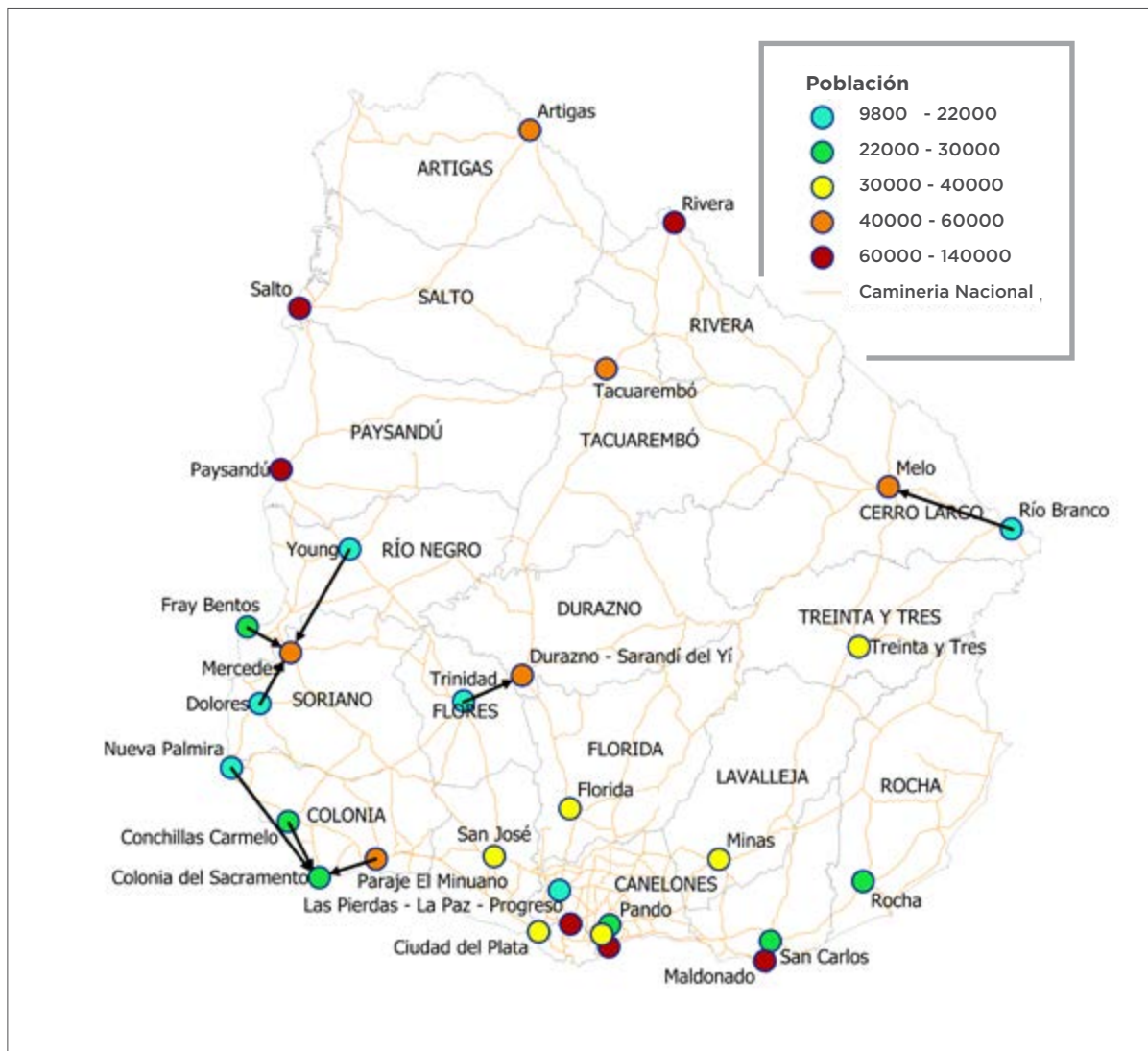
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2019. Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos 2018. Bogotá: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Tello, P., E. Martínez, D. Daza, M. Soulier y H. Terraza. 2011. Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010. Washington, D.C.: AIDIS, BID, OPS. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Informe-de-la-evaluaci%C3%B3n-regional-del-manejo-de-residuos-s%C3%B3lidos-urbanos-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-2010.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1:

MAPA DE URUGUAY CON LOCALIDADES PRINCIPALES Y CASOS DE ESTUDIO ANALIZADOS



ANEXO 2:

DESGLOSE DE CASO DE ESTUDIO DURAZNO- FLORES

A modo de ejemplo, en este anexo se presenta más detalladamente el caso de estudio de Durazno-Flores.

2.1 INFORMACIÓN GENERAL

La población cuyos residuos se disponen en el SDF de la capital del departamento de Durazno genera 45 toneladas diarias (considerando las localidades cercanas de Villa del Carmen, Sarandí del Yí y Santa Bernandina, que disponen sus residuos en la capital).

La generación actual de Trinidad (capital departamental de Flores), que centraliza los residuos de todo el departamento de Flores, se estima en 21 toneladas diarias.

La distancia entre Trinidad y la ciudad de Durazno es de aproximadamente 40 km.

2.2 GESTIÓN ACTUAL DE RESIDUOS

De acuerdo con entrevistas mantenidas con las intendencias de ambos departamentos,²⁰ actualmente la disposición final de RSU en Durazno y Flores no cumple con los estándares mínimos aceptables y no se identifican planes concretos de cambios a corto plazo.

El SDF de la ciudad de Durazno, operado por el gobierno departamental, cuenta con baja capacidad de crecimiento. Se observan importantes áreas de residuos descubiertas, así como presencia de animales y de personas realizando clasificación informal. Debido a los problemas surgidos en el vertedero donde se disponían los residuos de Sarandí del Yí, se decidió cerrar el SDF y trasladar los residuos hasta el vertedero de Durazno. No se cuenta con una estación de transferencia formal.

La disposición final de Flores está centralizada en Trinidad, donde el SDF también es operado por el gobierno departamental. Aquí actualmente no ingresan clasificadores, pero sí hay presencia de animales y una significativa superficie de residuos sin cobertura.

²⁰Entrevistas con el personal del Departamento de Servicios y de Obras del gobierno departamental de Durazno y con el personal del Departamento de Servicios Generales del gobierno de Flores.

Imagen 1: Compactador esparciendo residuos en el SDF de Trinidad



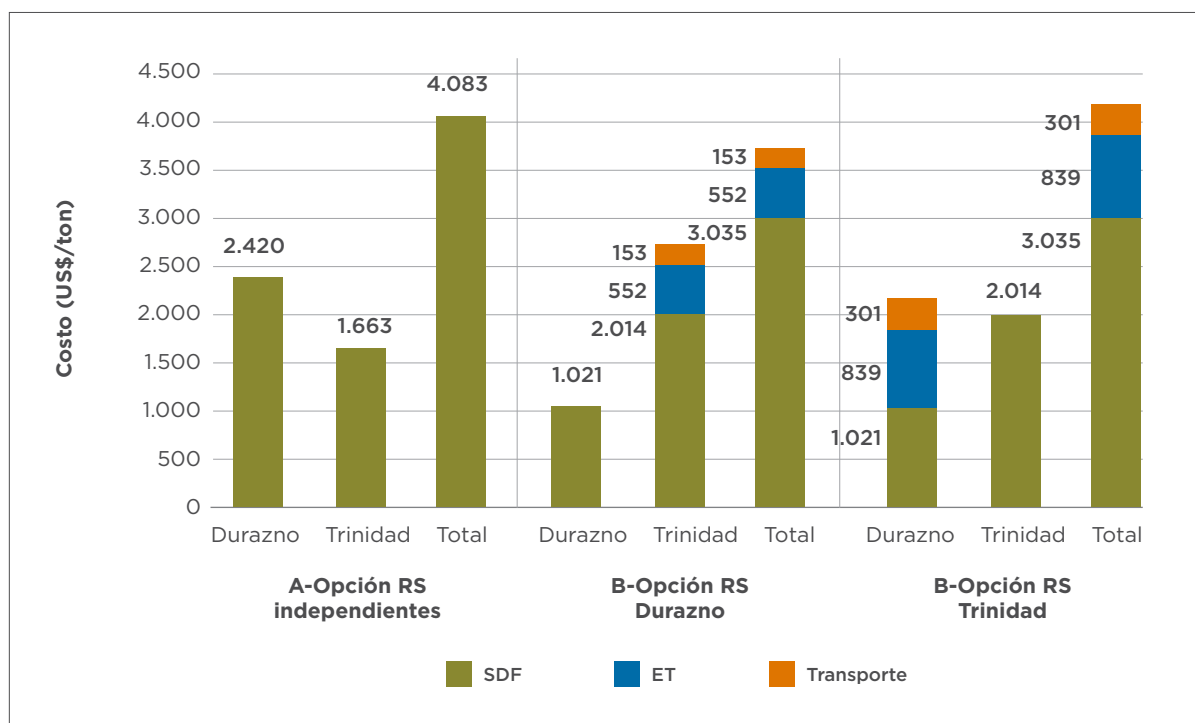
2.2.1 Análisis económico Durazno-Flores

Se estudian los siguientes escenarios:

- A.** Construcción de un relleno sanitario independiente para Durazno y uno para Flores.
- B.** Construcción de relleno sanitario regional para Durazno y Flores en Durazno, con estación de transferencia en Trinidad.
- C.** Construcción de un relleno sanitario regional para Durazno y Flores en Trinidad, con estación de transferencia en Durazno.

A partir del modelo económico descrito en la sección 2 de este documento, se calculan los costos totales diarios de transferencia (ET), transporte y disposición final (RS) para los tres escenarios.

Gráfico A2.1: Costos diarios de disposición final en Durazno-Trinidad



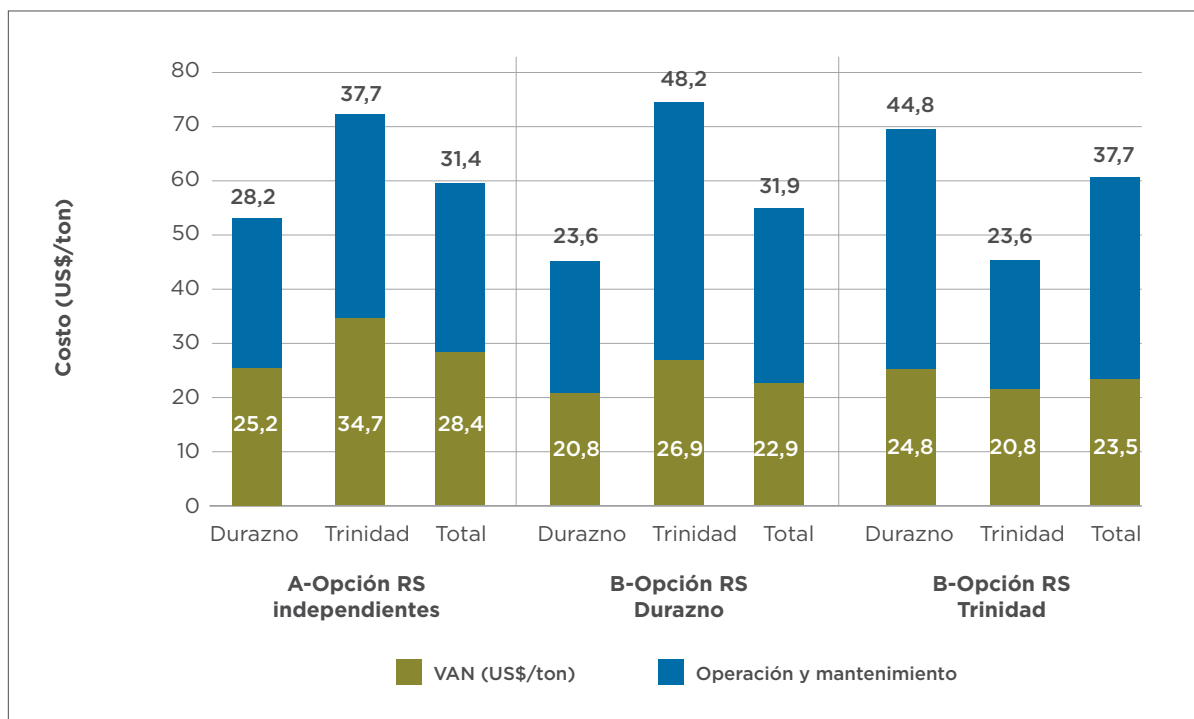
Fuente: Elaboración propia.

RS: Relleno sanitario; SDF: Sitio de disposición final; ET: Estación de transferencia.

En el caso de considerarse una regionalización en Durazno, los costos totales disminuyen (un 9%), mientras que la opción de regionalizar en Trinidad aumenta el costo unitario total con respecto a la opción de dos rellenos sanitarios independientes. Como es de esperar, los costos de transferencia y transporte desde Durazno hasta Trinidad son significativos.

Para complementar el análisis anterior, el gráfico 9 presenta los costos unitarios que resultan de cada escenario estudiado. Estos se discriminan en costos de inversión anualizada, y operación y mantenimiento.

Gráfico A2.2: Costos unitarios de disposición final en Durazno-Trinidad



Fuente: Elaboración propia.

VAN: Valor actual neto.

Al observar los costos unitarios se concluye que, si bien la disminución de costos para Durazno entre las opciones A y B es significativa, los costos para Flores son similares y aumentan levemente con la regionalización en Durazno. Incluso si se fijara un único costo unitario de US\$54,7 por la transferencia, el transporte y la disposición final (que corresponde al costo diario total de la opción B dividido por la generación diaria), los costos unitarios de Durazno serían mayores a los de la opción sin regionalizar. Esto complejiza la división de costos entre los departamentos.

Por otro lado, los costos de la inversión disminuyen con la regionalización, mientras que los costos de operación y mantenimiento aumentan levemente debido a las etapas de transferencia y transporte.

En conclusión, si bien a primera vista la regionalización de Durazno-Flores resulta conveniente, debería realizarse un estudio específico que considere todos los factores para evaluar la opción que sea verdaderamente más favorable. De todas formas, aun cuando los resultados tienen cierto margen de error, demuestran que la regionalización en Durazno puede resultar beneficiosa desde el punto de vista económico para los dos departamentos examinados.

