



HERRAMIENTA DE COSTEO Y MODELIZACIÓN DE COSTOS

en Gestión de Residuos Sólidos
Guía para uso



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza

Cooperación Suiza en Bolivia

*Herramienta de costeo y modelización de costos
en Gestión de Residuos Sólidos. Guía para uso*

Autores

Adeline Mertenat (EAWAG)
Dorian Tosi Robinson (EAWAG)
Carlos García (HELVETAS Bolivia)
Eddy Lemus (HELVETAS Bolivia)
Sergio Morales (HELVETAS Bolivia)
Christian Zurbrugg (EAWAG)

Equipo Gestión Ambiental Municipal HELVETAS Swiss Intercooperation Bolivia

Carlos García Barrón
Iván Colquehuanca Domínguez
Roy Córdova Salcedo
Eddy Lemus Vásquez
Marco Loma Zurita
Emilio Madrid Lara
Juan Pablo Morante
Rigiana Portugal Escóbar
Claudia Rivadeneira Canedo
Cecilia Saldías Zambrana

Edición

Rigiana Portugal Escóbar
Víctor Orduna

Fotografías

Proyecto Gestión Ambiental Municipal, HELVETAS Bolivia, Fundación Aguatuya

Diseño e impresión

Plural editores
Enoé Aliaga Flores
Marco Guerra Medrano

Esta publicación ha sido elaborada con la asistencia técnica y financiera del proyecto Gestión Ambiental Municipal de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation y la Fundación Aguatuya.

Nº de Depósito Legal: 4-2-1236-2023

La Paz, marzo de 2023


Disponible en:

Embajada de Suiza en Bolivia
Cooperación Suiza en Bolivia
La Paz, Bolivia

Teléfono: +591 2 2751001

www.edaadmin.ch/lapaz

 Embajada de Suiza en Bolivia

 Cooperación Suiza en Bolivia



Contenido

Introducción	6
1. Público meta	7
2. Descripción de la herramienta	8
2.1. Parte 1 – Costos e ingresos reales	8
2.2. Parte 2 – Modelización de costos	9
3. Descripción del documento Excel y las pestañas	13
4. Datos básicos de la GRS	15
5. Determinación de costos e ingresos de la GRS	18
5.1. Evaluación de costos	18
5.1.1. Ejemplo para costos de personal	19
5.1.2. Ejemplo para otros costos	20
5.1.3. Ejemplo específico para adquisiciones	21
5.1.4. Caso específico de comunicación y educación	22
5.2. Evaluación de ingresos	22
5.3. Parámetros del modelo	23
5.4. Resultados de estado actual	33
6. Parámetros avanzados	35
7. Lectura de resultados	38
7.1. Parte 1: fotografía del estado actual	38



7.2. Parte 2: costos e ingresos	40
7.3. Parte 3: resultados de la modelización	41
8. Limitaciones	45
9. Conclusiones	46

Índice de figuras y tablas

Figura 1	Las tres partes principales del modelo de costos	8
Figura 2	Categorías de costos reales de gestión de residuos sólidos	8
Figura 3	Resumen de la estructura de la modelización de costos	10
Figura 4	Modelo de costos para la gestión de residuos sólidos municipales en Excel	13
Figura 5	Pestañas del modelo de costos para la GRS	13
Figura 6	Pestaña «0) Intro»	15
Figura 7	Pestaña «1) Costos»	18
Figura 8	Ejemplo de ingreso de costos reales para gastos de personal	19
Figura 9	Ejemplo de ingreso de costos reales para gastos otros de los de personal	20
Figura 10	Ejemplo de ingreso de costos reales para una adquisición de camión	21
Figura 11	Opción de cálculo de costos de comunicación y educación con un porcentaje de los otros costos	22
Figura 12	Pestaña «2) Ingresos»	22
Figura 13	Pestaña «3) Parámetros_modelo»	23
Figura 14	A) información general	24
Figura 15	B) Caracterización de los residuos sólidos	25
Figura 16	C) Vehículos de recolección y de transferencia	25

Figura 17	D) Recolección primaria	26
Figura 18	E) Rutas de recolección	27
Figura 19	F) Personal	28
Figura 20	G) Recolección domiciliar	29
Figura 21	H) Tiempos de descarga	29
Figura 22	I) Tiempos de depreciación y costos	29
Figura 23	J) Características de los contenedores	30
Figura 24	K) Limpieza urbana	31
Figura 25	L) Compostaje, reciclaje y disposición final	33
Figura 26	M) Administración, planificación y monitoreo y formación, educación y comunicación	33
Figura 27	Pestaña «4) Resultados»	33
Figura 28	Pestaña «5) Cálculos»	35
Figura 29	Pestaña «5) Resultados»	38
Figura 30	Fotografía del estado actual de la gestión de los residuos sólidos	39
Figura 31	Resumen de costos e ingresos	40
Figura 32	Detalle de tabla de resultados de costos e ingresos	41
Figura 33	Detalle de la comparación de costos con costos típicos	41
Figura 34	Tablas de resultados de la modelización	42
Figura 35	Figura 6 de los resultados, costos de recolección y transporte, modelizados y reales	43
Figura 36	Figura 7 de los resultados, costos totales modelizados	43
Figura 37	Figura 8 de los resultados, costos de barrido	44
Tabla 1	Escenarios de modelización de recolección	10

Siglas, acrónimos y símbolos

EPSA	Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
ENTAR	Estrategia Nacional de Tratamiento de Aguas Residuales
GAM	Proyecto Gestión Ambiental Municipal
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
ha	Hectáreas
MAE	Máxima Autoridad Ejecutiva
MMAYA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
mg/l	miligramos por litro
NB	Norma Boliviana
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RS	Residuos Sólidos
TAR	Tratamiento de Aguas Residuales
VAPSB	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico



Presentación

La “Herramienta de costeo y modelización de costos en Gestión de Residuos Sólidos. Guía para uso” constituye la primera versión de un material desarrollado en el marco del proyecto Gestión Ambiental Municipal de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia. La herramienta está orientada a contribuir en la determinación de costos, considerando la importancia de observar los aspectos de planificación en la prestación de servicios de aseo urbano.

Resulta importante para la sostenibilidad de los servicios el contar con procesos de evaluación, monitoreo y análisis de forma tal que se pueda contar con información específica sobre el costo real del servicio de aseo. La información es clave para la toma de decisión, sobre todo en servicios que tienen como norte mejorar y optimizar los recursos para un manejo adecuado de los residuos sólidos.

En ese sentido, este material es una herramienta de trabajo, para determinar costos e ingresos reales de los servicios de aseo. A su vez, de forma didáctica se presentan diversos métodos de recolección asociados con sus costos, según contexto para precisar con claridad la información y de esta forma establecer datos para mejorar los servicios de recolección de residuos.

El modelo tomó como base el documento de Coffey y Coad (2010)¹ y de Giovanni Vinti, siendo este último quien desarrolló inicialmente esta herramienta. Este material es el resultado del trabajo coordinado y en alianza con el Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuáticas (EAWAG) donde valoramos la contribución de sus expertos Adeline Mertenat, Dorian Tosi Robinson y Christian Zurbrugg; que en sinergia con los expertos bolivianos Eddy Lemus y Sergio Morales –ambos del equipo de HELVETAS Bolivia– trabajaron para consolidar esta primera versión de herramienta.

Desde el proyecto Gestión Ambiental Municipal, estamos seguros de que esta herramienta será de aporte al trabajo que despliegan técnicos y tomadores de decisión de los Operadores o Gobiernos Autónomos Municipales que prestan servicios en el marco de la gestión integral de residuos sólidos con enfoque de economía circular.

Carlos García Barrón
Director de proyecto Gestión Ambiental Municipal
HELVETAS Swiss Intercooperation - Bolivia

¹ Coffey, M. & Coad, A. (2010). Collection of Municipal Solid Waste in Developing Countries, UN-Habitat.

Introducción

La gestión inadecuada de los residuos sólidos es una amenaza a la población local y al medio ambiente; en particular, se ha identificado como un mayor reto para las ciudades pequeñas, medianas y grandes. En este contexto, se observan brechas relativas a los aspectos de gestión financiera en la prestación de los servicios de aseo urbano, pues estos son generalmente elevados y la eficiencia de costos es débil, pudiendo esta situación afectar la calidad y la sostenibilidad de los servicios de aseo urbano. Las investigaciones en Perú, Bolivia y Colombia demuestran que, en muchos casos, el aspecto financiero de la gestión de los residuos sólidos está débilmente evaluado, monitoreado y analizado. Por un lado, el costo real del servicio se desconoce, no existe un presupuesto definido y los gastos son distribuidos entre varias unidades organizacionales de las municipalidades.

Los ingresos generados por la prestación del servicio de aseo solo cubren una mínima fracción del costo real. Por la falta de información sobre los costos, no se pueden realizar evaluaciones de eficiencia y de mejoras en las estrategias de gestión. Para mejorar los conocimientos de los aspectos financieros y los servicios de la Gestión de los Residuos Sólidos (GRS), se propone, mediante esta herramienta de trabajo, determinar, en la primera parte, los costos y los ingresos reales de la gestión de los residuos sólidos. En la segunda parte se modelizan escenarios de recolección y los costos asociados a estos escenarios. La herramienta permite evaluar indicadores de eficiencia y comparar opciones de mejoras del servicio de recolección de residuos sólidos. A través de los resultados, se espera obtener otras herramientas adicionales para planificar y realizar una mejor gestión de los residuos sólidos municipales.

1. Público meta

Esta herramienta se desarrolló para uso de los operadores a cargo de la gestión de los residuos sólidos en las diferentes ciudades (municipios, empresas privadas, mancomunidades, entre otros); es de fácil aplicación y aporta información sobre los costos y posibles escenarios para mejorar los servicios. A través de esta guía, se presentan los principios generales del funcio-

namiento de la herramienta. Así, en los primeros capítulos se describen las distintas partes constituyentes y se detallan las etapas para el ingreso de los datos y parámetros reales que requiere la herramienta para los cálculos de modelización. En el documento se presentan cuadros de información, como el siguiente, que contienen detalles importantes que resaltar.

IMPORTANTE

La información a introducir es de suma importancia para entender la herramienta que se presenta a continuación.

2. Descripción de la herramienta

La herramienta de costeo y modelización que considera los costos de gestión de los residuos sólidos se desarrolló a través de un documento Excel. Esta herramienta tiene tres componentes (o partes) principales que se presentan en este capítulo¹ (ver Figura 1).

2.1. Parte 1 – Costos e ingresos reales

Para determinar los costos reales totales de la gestión de residuos sólidos municipales, la herramienta se basa en una categorización de costos en las cuatro categorías siguientes (ver Figura 2).

Figura 1
Las tres partes principales del modelo de costos

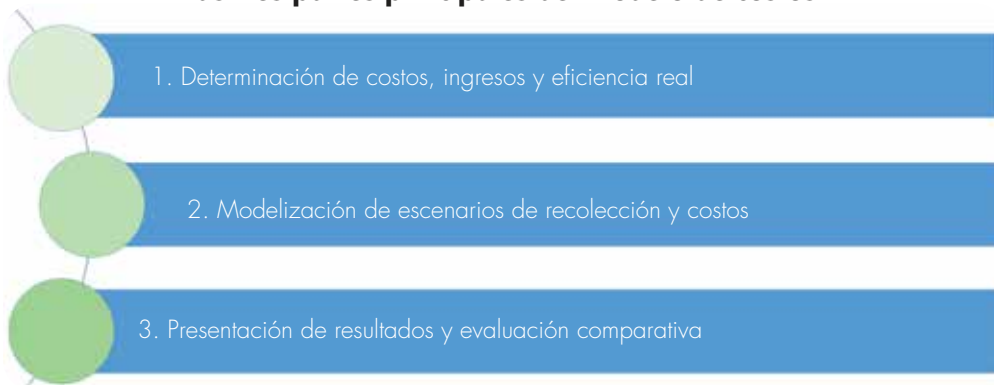
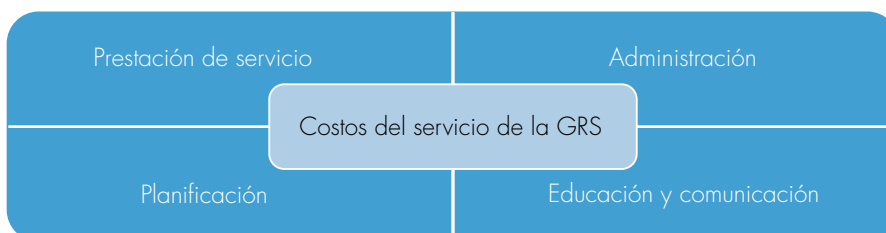


Figura 2
Categorías de costos reales de gestión de residuos sólidos



¹ Se agradece a Giovanni Vinti por el trabajo realizado previamente para desarrollar las primeras versiones de esta herramienta.

La planificación de la gestión de los residuos sólidos debe considerar costos de personal, infraestructura, vehículos y equipo, entre otros. En la imagen, personal de servicio público de saneamiento urbano de Cotagaita (Nor Chichas, Potosí).



Los costos se distribuyen en cuatro subcategorías:

- Costos del personal.
- Costos de vehículos (solo para prestación del servicio).
- Costos del equipo.
- Costos de infraestructura y diseño.
- Costos operativos.

El caso específico de la categoría “prestación de servicio” presenta una subdivisión adicional por tipo de servicio: limpieza urbana, taller de mantenimiento, recolección, reciclaje, compostaje, transferencia, disposición final. Esta clasificación permite un análisis preciso de los costos totales y principales de la gestión de residuos sólidos.

En la herramienta se visualizan costos predeterminados para cada categoría y subcategoría que se deben de completar según el caso real de cada municipio o ciudad. En este sentido, es posible modificar, añadir o eliminar líneas en caso de que sea necesario. Se debe introducir datos como, por ejemplo: el ítem, la cantidad, el costo unitario, la dedica-

ción a la gestión de residuos sólidos, el tiempo de vida y la tasa de interés. Este documento presenta una descripción, paso a paso, para determinar el costo total real.

La determinación de los costos reales va de la mano con la determinación de los ingresos del servicio. Por lo tanto, la herramienta permite el ingreso de los distintos tipos del servicio de gestión de residuos sólidos: domiciliarios, no dominicales, por convenios y otros tipos. A través de la determinación de los ingresos y la facturación anual, se determinan los niveles de morosidad y la necesidad de subvencionar el servicio.

2.2. Parte 2 – Modelización de costos

La segunda parte de la herramienta permite la estimación de costos de gestión de residuos sólidos para diferentes escenarios de recolección determinados. Los costos son calculados en base a parámetros de la zona considerada y no en base a las capacidades existentes del sistema de gestión de residuos sólidos. Los escenarios modelizados son los siguientes.

IMPORTANTE

Tomar nota: La determinación precisa del costo real depende de la calidad y precisión de los datos ingresados. Se recomienda realizar este trabajo de forma precisa e informada.



Operación en el relleno sanitario de Lechuguillas en Sucre.

Tabla 1
Escenarios de modelización de recolección

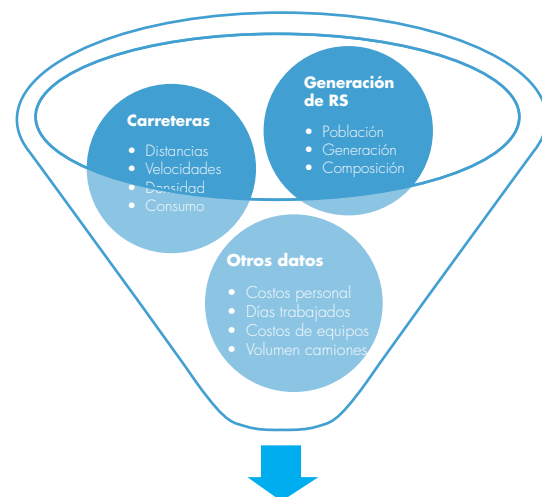
Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D
Recolección por acera	Recolección por esquina	Recolección con contenedores	Recolección diferenciada con contenedores
Residuos mezclados			Residuos orgánicos y reciclables
Recolección sin y con estación de transferencia			

La herramienta permite modelizar los cuatro escenarios generales: a) recolección por acera o casa por casa; b) recolección por esquina sin contenedores; c) recolección por esquina con contenedores; y d) recolección por esquina con contenedores diferenciados en dos o tres fracciones (residuos, orgánicos y reciclables). Los materiales reciclables incluyen a los plásticos, vidrios, metales, papeles y cartón, estos se colectan juntos en este modelo. Para cada uno de los escenarios, el modelo calcula una gestión sin y con estación de transferencia, llevando a ocho el total de escenarios definidos.

La modelización de los costos se basa en la estimación de los residuos sólidos producidos en la zona considerada y permite modelizar las necesidades en términos de capacidades de recolección; por ejemplo, la cantidad de camiones, el personal, el consumo de combustible, el mantenimiento y otros costos de la recolección.

En la figura siguiente, se resume algunos datos de ingreso y de los resultados obtenidos. Más adelante se presenta el detalle sobre el uso de la herramienta de modelización y los datos que se requieren para modelizar.

Figura 3
Resumen de la estructura de la modelización de costos



Resultados de escenarios

- Cantidad de RS para disposición final, reciclaje o compostaje
- Cantidad de vehículos, personal y consumo de combustible
- Costos totales

En base a las informaciones generales introducidas en el modelo, se realizan cálculos para determinar los resultados de los escenarios. A partir de la información sobre la generación de los residuos sólidos, la configuración general de las carreteras de la zona y otros datos generales –como los costos unitarios para el personal, la cantidad de días laborales

Equipo y personal en la prestación del servicio de recolección de residuos en la ciudad de Villazón.



y el costo unitario de los equipos—, el modelo calcula varios resultados intermedios:

- Las cantidades de RS que se deben confinar en el sitio de disposición final y las que se tratan en la planta de compostaje y/o de reciclaje.
- La cantidad de contenedores necesarios y la distancia promedio entre estos.
- La cantidad de vehículos necesarios para la gestión y el personal asociado.
- Los kilómetros recorridos para la recolección, el transporte y el consumo de combustible.

De acuerdo a los resultados intermedios, se determinan los costos totales para el servicio de recolección de los residuos sólidos en función de uno de los escenarios establecidos.

Para la modelización de los costos de limpieza urbana, no se definen distintos escenarios, pero se

modelizan en base a parámetros generales solicitados al usuario. Se tienen opciones para barrido de calles o vías de forma manual o mecanizada y para limpieza de áreas públicas de forma manual. Se ingresa información sobre la frecuencia, distancia y superficie de barrido/limpieza junto con el rendimiento y el modelo calcula la cantidad de personal necesario y los costos asociados.

Adicionalmente, el modelo de costos calcula, basándose en promedios de costos reales de la literatura y de la experiencia, los otros costos de la gestión de los residuos sólidos. Siendo en este caso particular considerados los costos siguientes en los resultados:

- Costos de gestión de residuos sólidos (excluyendo la recolección y limpieza urbana): disposición final, reciclaje, compostaje, costos administrativos, costos blandos (formación, educación y comunicación).

IMPORTANTE

1) El modelo se fundamenta en datos básicos de la zona de trabajo. No toma en cuenta el estado actual de la gestión de los residuos sólidos: por ejemplo, en la situación actual puede que se utilicen 10 camiones para el servicio de recolección, pero este dato no es relevante para el modelo y no ingresa para los cálculos. El modelo calculará cuál es la necesidad en términos de camiones según los parámetros básicos de la zona de trabajo y, principalmente, la generación de los Residuos Sólidos, la densidad de carretera y la distancia hacia el sitio de disposición final, de reciclaje y/o compostaje. El resultado calculado por el modelo debe de ser analizado críticamente antes de cualquier toma de decisión.

2) El modelo simplifica la recolección de los residuos sólidos al uso de un solo tipo de camión recolector, un tipo de camión de transferencia y un escenario idéntico para toda la zona considerada. No se modeliza la recolección considerando detalles específicos, sino se hace una estimación de los costos simplificada. Esto permite tener un modelo sencillo pero que resalta, en sus resultados, las diferencias importantes entre los escenarios y el caso real para el análisis y la toma de decisiones futura.

2.3. Parte 3 – Presentación de resultados y evaluación de eficiencia

La última parte de la herramienta permite la visualización de los resultados y una interpretación de la eficiencia del servicio de gestión de los residuos sólidos. Para dicha evaluación de eficiencia, se propone comparar los costos y los indicadores de

eficiencia del servicio real con los escenarios modelizados. En un futuro próximo, se espera poder comparar eficiencias entre distintas municipalidades de contextos similares con la intención de compartir buenas prácticas y mejorar la gestión de los residuos sólidos en base a estas.

En los próximos capítulos se detalla el uso de la herramienta y sus funciones.

3. Descripción del documento Excel y las pestañas



Acceso a documento Excel

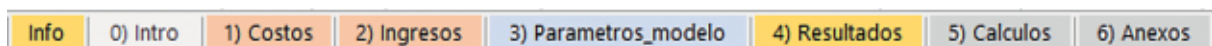
La herramienta se desarrolló en un documento Excel con distintas pestañas de trabajo.

Figura 4
Modelo de costos para la gestión de residuos sólidos municipales en Excel

Idioma		Español	
<p>Nota: al cambiar el idioma de esta herramienta se volverá al modelo. Al guardar los datos de entrada el idioma se cambia automáticamente sólo si puede cambiar los cálculos.</p>			
Moneda	USD		
USD equivalente a 1 USD	1		
<p>Nota: ingresar la moneda y la conversión equivalente a 1 USD</p>			
<p>11/1/2017</p>			
<p>¡Cordial bienvenida a la herramienta de costo de servicios de gestión de residuos sólidos municipales!</p>			
<p>Version 1</p>			
<p>La herramienta contiene los siguientes elementos:</p>			
0) Intro	<p>Curso base del otro de estudio</p>		
1) Costos	<p>La primera y segunda parte, guía para la evaluación de costos e ingresos reales del servicio de gestión de los residuos sólidos incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Barrido de vías y áreas públicas - Recolección de residuos sólidos - Tratamiento/eprocamiento de los residuos sólidos (compostaje, reciclaje) - Disposición final de los residuos sólidos - Aspectos blandos del servicio (educación, comunicación) - Gastos administrativos 		
2) Ingresos	<p>Se incluyen costos operativos y de mantenimiento (OPEX) y de inversiones (CAPEX)</p>		
3) Parametros_modelo	<p>La tercera parte es el ingreso de datos para modelar los costos del servicio de gestión de los residuos sólidos en función a los escenarios establecidos, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección puerta a puerta /por zona - Recolección de parada fija/españa - Recolección por contenedores - Recolección de materiales clasificados en 3 fracciones (desechos, reciclables, orgánicos) <p>Para cada una de las opciones, se propone una recolección con o sin estación de transferencia</p> <p>Adicionalmente a los puntos anteriores, el modelo estima costos adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Barrido de vías y áreas públicas - Tratamiento de los residuos sólidos (compostaje, reciclaje) - Disposición final de los residuos sólidos - Aspectos blandos del servicio (educación, comunicación) - Gastos administrativos <p>Se incluyen costos operativos y de mantenimiento (OPEX) y de inversiones (CAPEX)</p>		
4) Resultados	<p>La cuarta parte sirve para visualizar los resultados obtenidos. Incluye resultados de los costos y de indicadores de eficiencia seleccionados.</p>		
5) Cálculos	<p>La quinta parte muestra todos los cálculos de la modelización</p>		
6) Anexos	<p>La sexta parte contiene la totalidad de los indicadores de eficiencia calculados e información adicional.</p>		

A continuación se describen las funciones y contenidos de cada una de las pestañas.

Figura 5
Pestañas del modelo de costos para la GRS



"Info" – informaciones generales de la herramienta.

"0) Intro" – ingreso de datos básicos del sistema de GRS.

"1) Costos" – esta pestaña permite rellenar y calcular los costos reales del servicio de gestión de los Residuos Sólidos (RS) incluyendo: - Barrido y limpieza - Recolección - Tratamiento o Aprovechamiento (compostaje, planta de reciclables) - Disposición final - Aspectos blandos del servicio (educación, comunicación) - Gastos administrativos.

"2) ingresos" – aquí se tiene el espacio para proporcionar los ingresos del servicio de gestión de residuos sólidos que permiten calcular tasas de morosidad y la necesidad de subvencionar o no el servicio.

"3) Parámetros _modelo" – este espacio permite el ingreso de información y datos para realizar los cálculos de la modelización de costos de la gestión de los residuos sólidos.

"4) Resultados" – se presentan los resultados de costos e ingresos junto con la fotografía del estado actual del servicio. Se visualizan los indicadores de eficiencia correspondientes. También se presentan los

cuadros comparativos de los costos de cada escenario junto con los costos reales. Además de los costos, se presentan algunos indicadores de eficiencia. Los resultados de costos se muestran en tablas y en gráficas.

"5) Cálculos" – aquí se toman en cuenta los ocho posibles escenarios: Recolección por acera, esquina y por contenedores – Recolección por contenedores de materiales clasificados en 3 fracciones (residuos, reciclables, orgánicos) (cada tipo de recolección sin y con estación de transferencia). También se calculan costos de barrido y limpieza urbana.

Además de los puntos anteriores, el modelo estima costos adicionales: Tratamiento de los RS (compostaje, planta de reciclaje) – Disposición final de RS – Aspectos blandos del servicio (educación, comunicación) – Gastos administrativos. Se incluyen costos operativos y de mantenimiento (OPEX) y de inversiones (CAPEX). No es imperativo ingresar a esta pestaña.

"6) Anexos" – en la última pestaña, se encuentran todos los indicadores de eficiencia. No es indispensable ingresar a esta pestaña, a menos que se necesite ver algunos detalles de la modelización y los resultados presentados.

4. Datos básicos de la GRS

La pestaña "0) Intro" permite el ingreso de datos básicos del servicio de GRS.

Figura 6
Pestaña «0) Intro»

Ingreso de datos base

Tratamiento gestor

Costos

Presupuesto anual (2023/24)

Resolución de residuos

Cantidad de orgánicos

Cantidad de reciclables

Cantidad de disposición final

Existencia total acumulada resuelta por los residuos de recolección por año (2023/24)

Si lo desea, puede ingresar información del sector formal y del sector informal. Los datos del sector informal serán presentados preferentemente pero no serán tenidos en consideración para cálculos de eficiencia o costo.

	Sector formal	Sector informal
Peso de los residuos sólidos recolectados por año incluyendo desechos, reciclables y orgánicos (t/año)		
Peso de los residuos orgánicos recolectados y tratados por año (t/año)		
Peso de los residuos reciclables recolectados y tratados o que están sujetos de recolección por año (t/año)		
Peso de los residuos sólidos desechados en otro tipo de disposición final por año (t/año)		

Longitud total de las vías pavimentadas de la zona de cobertura (km)

Longitud total de vías pavimentadas con servicio de bandeja (km)

Longitud total acumulada de vías pavimentadas hechas por año (km/año)

Superficie total de áreas públicas con servicio de bandeja/impulso urbano (m²)

Superficie total acumulada de áreas públicas hechas por año (m²/año)

Total de empleados de servicios de bandeja de vías

Total de empleados de servicios de bandeja áreas públicas

Total de empleados de servicios de recolección primaria

Total de empleados de servicios de recolección secundaria

Total de empleados de transferencia y transporte (t/ha) excluido de transferencia

Total de camiones del servicio de recolección

Total de camiones del servicio de transferencia

Definir el ejemplo más justo, se verá en los resultados Fig. 8 Comparación de los costos actuales con los costos de base de perfil de residuos por diferentes niveles de zona de acción

	Sector formal	Sector informal
Barrido/Limpieza urbana (2023/24)		
Resolución y transporte (2023/24)		
Alfombrado (2023/24)		
Área pública (2023/24)		
Computador (2023/24)		
Personal (2023/24)		

0) Intro 1) Costos 2) Ingresos 3) Parámetros_modelo 4) Resultados 5) Cálculos 6) Anexos Language Typical...

Los datos solicitados permiten a la herramienta los cálculos de eficiencia del servicio. Estos son los siguientes:

- **Cantidad de los RS recolectados por año:** La cantidad total recolectada incluye desechos, reciclables y orgánicos.
- **Cantidad de orgánicos recolectados y tratados por año:** La cantidad de material orgánico recolectado y tratado en una planta de tratamiento (compostaje u otro).
- **Cantidad de reciclables recolectados y tratados por año:** La cantidad de material reciclable recolectado y tratado en una planta de trata-



Estación de Transferencia de Villa Montes, sitio donde se despositan los residuos de los vehículos recolectores a vehículos de transferencia que van al sitio de disposición final.

miento. Todos los materiales que fueron aprovechados se contabilizan:

- **Cantidad de los RS dispuestos en sitio de disposición final por año:** Cantidad total de los RS dispuestos en sitio de disposición final.

Se pueden ingresar datos del sector formal y del sector informal cuando hay una contribución importante del mismo en la zona de cobertura:

- **Distancia total acumulada recorrida por vehículos de recolección por año:** La suma de todas las distancias recorrida por la flota de vehículos de recolección para brindar el servicio.
- **Longitud de vías pavimentadas en zona de cobertura:** El total de vías pavimentadas en la ciudad (p. ej., 20 km).
- **Longitud de vías pavimentadas con servicio de barrido:** El total de vías que reciben servicio (p. ej., se barren 15 km de los 20 km totales que existen).
- **Longitud total acumulada de vías pavimentadas barridas por año:** La suma de todas las rutas que se barren en un año (p. ej., si se barre 1 km cada semana, se contabilizan

entonces 52 km por las 52 semanas que tiene un año).

- **Superficie de áreas públicas:** El total de áreas públicas en la ciudad (p. ej., 1.000 m²).
- **Superficie de áreas públicas con servicio de barrido/limpieza:** El total de áreas públicas con servicio (p. ej., 500 m² de los 1.000 m² totales).
- **Superficie total acumulada de áreas públicas limpiadas por año:** El total de área que se limpió en un año (p. ej., si una plaza de 100 m² se limpia cada día, se contabiliza en este dato como 36.500 m² limpiados en un año).
- **Total de empleados por servicio:** Se indica cuántos empleados al 100% trabajan en cada servicio.
- **Total de camiones:** Se indica cuántos camiones hay para recolección y cuántos hay para transferencia (si aplica esta modalidad).

Por último, esta pestaña de datos básicos permite el ingreso de información sobre los costos por tonelada de los distintos servicios de la GRS en base al contexto local o del país:

IMPORTANTE

Los datos deben de ser exactos, caso contrario los resultados podrían arrojar incoherencias.

Es clave considerar únicamente los residuos sólidos generados en el área de cobertura. Si se reciben residuos de otras municipalidades al sitio de disposición final, se debe descontar la cantidad de los mismos para que los resultados sean coherentes. Esta herramienta se limita a la aplicación en una ciudad.

Obras complementarias
del relleno sanitario
de Villazón (Potosí) EMAVI.



- Barrido/Limpieza urbana.
- Recolección y transporte.
- Botadero.
- Relleno sanitario.
- Compostaje.
- Reciclaje.

Si se conocen estos valores, se pueden ingresar los costos que servirán de punto de comparación en los resultados generados por la herramienta. De este modo, permite comparar los costos en nuestra ciudad con costos típicos del país o de la zona.

5. Determinación de costos e ingresos de la GRS

En este capítulo, se presenta, en detalle, el uso de la herramienta para determinar los costos reales del servicio de gestión de RS. En particular, se detalla el contenido y la forma de llenado de las pestañas: "1a) Evaluación_costos"; "1b) Evaluación_ingresos"; "1c) Resultados" del documento Excel.

5.1. Evaluación de costos

En este capítulo se presenta la pestaña de evaluación de costos "1) Costos" (ver Figura 7).

La tabla de ingreso de datos para la determinación de los costos reales se compone de cuatro partes principales, como se ha señalado en el acápite 3.1: prestación del servicio, administración del servicio, planificación del servicio, y la educación y comunicación. Dentro de estas cuatro categorías principales, los costos se distribuyen nuevamente en categorías:

- Costos de personal.

- Costos de vehículos (solo para prestación del servicio).
- Costos de equipo.
- Costos de infraestructura.
- Costos operativos.

Para completar la información, se debe de rellenar y verificar todos los campos activos con fondo blanco. Esto corresponde a las siguientes columnas:

- Ítem considerado.
- Cantidad.
- Costo unitario.
- Dedicación a la gestión de residuos sólidos.
- Salario y beneficios sociales (para personal).
- Tasa de interés y tiempo de vida (para adquisiciones).

Seguidamente se presentan dos casos en detalle para explicar las especificidades de la tabla:

Figura 7
Pestaña «1) Costos»

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Ingreso de datos del servicio de gestión de los residuos sólidos". The main table is under the "Personal" category. It has several columns: "Ítem considerado", "Cantidad", "Costo unitario", "Dedicación a la gestión de residuos sólidos", "Salario y beneficios sociales", and "Tasa de interés y tiempo de vida". The table contains multiple rows of data, with some cells highlighted in green. The spreadsheet interface includes a menu bar at the top with options like "Inicio", "Ingresos", "Administración", "Resultados", "Equipos", "Vehículos", "Infraestructura", "Operativos", and "Resumen".

Prestación del servicio de recolección en la ciudad de Sucre, con empleo de recolectores que brinda EMAS.



5.1.1. Ejemplo para costos de personal

En cada una de las categorías principales existen costos del personal. Aquí se presenta un ejemplo para personal operativo de recolección de los RS.

Para completar la línea, se debe ingresar y revisar la información (ver Figura 8):

- 1) Se ingresa y valida el ítem que se está considerando. En el caso presente, se trata de una línea para ayudante del servicio de recolección, por lo que el ítem correcto es "ayudante".
- 2) "Cantidad de personas empleadas en cargo específico": Se ingresa la cantidad de personas trabajando en este ítem. En este caso se tiene a 1 persona, por lo que se registra "1".
- 3) "Dedicación a la GRS": La dedicación a la gestión de los residuos sólidos permite validar la dedicación del tiempo del personal al servicio para el cual se quieren determinar los costos. En este caso, la persona ayudante del servicio de recolección no realiza ninguna otra labor en su tiempo de trabajo, únicamente se dedica a trabajar para el servicio que está prestando; entonces, su dedicación a la GRS es del 100%.

Este valor podría ser menor en caso que las y los empleados tengan varias funciones o apoyen en otros servicios municipales de manera formal o informal.

- 4) "Salario anual": El salario anual se ingresa en la cuarta columna. Si varias personas ocupan el mismo puesto pero tienen diferentes niveles de antigüedad y/o salarios, se puede calcular un promedio y registrar ese valor en el modelo.
- 5) "Beneficios sociales y seguros": Por último, se ingresan los beneficios sociales que se deben de pagar por parte del empleador. Se debe tomar nota aquí de que el salario percibido por cada persona no corresponde con el costo total del personal para el empleado. Asimismo, se deben de tomar en cuenta todos los costos adicionales, como los beneficios sociales pagados directamente por el empleador al Estado o a los seguros sociales correspondientes. Aquí se propone el 10% del valor del salario para cubrir este costo; sin embargo, si se conoce con exactitud el costo debe ingresarse el monto de forma precisa. Es muy importante asegurar que se calcula el costo total real para cada persona.

Figura 8
Ejemplo de ingreso de costos reales para gastos de personal

Personal	Cantidad de personas empleadas en cargo específico	Dedicación a GRS [%]	Salario anual [Bs/año]	Beneficios sociales [Bs/año]	Costo total [Bs/año]
Servicio de limpieza urbana					
Supervisor/a GRS: ramas y tierra	1	100%	41'400.00	4'140	45'540.00
Supervisor/a barrio de calle	1	100%	41'400.00	4'140	45'540.00
Indicar aquí el cargo de persona 2	1	100%	41'400.00	4'140	45'540.00
Barrenderos/as	14	100%	41'400.00	4'140	617'560.00
...otro	0	100%	41'400.00	4'140	-
...otro	0	100%	41'400.00	4'140	-
...otro	0	100%	41'400.00	4'140	-
Servicio de recolección					
Chofer	1	100%	41'400.00	4'140	45'540.00
Ayudante	1	100%	41'400.00	4'140	45'540.00
...otro	0	100%	41'400.00	4'140	-
...otro	0	100%	41'400.00	4'140	-
...otro	0	100%	41'400.00	4'140	-

IMPORTANTE

1) En el caso de que varias personas estén en el mismo cargo, se tiene dos opciones para ingresar la información:

- Si todas las personas representan el mismo costo, entonces una sola línea es suficiente.
- Si las personas tienen costos diferentes, entonces se pueden considerar varias líneas: ayudante 1, ayudante 2, ayudante 3, etc., con los costos específicos de cada persona o calcular un promedio del costo como se ha indicado anteriormente.

2) Es probable que una infraestructura, el personal u otro ítem sea compartido con otro servicio municipal; en este caso, no se debe de considerar el costo en un 100% para la GRS sino únicamente la fracción correspondiente. Por ejemplo, si la infraestructura de las oficinas es compartida con otra unidad municipal, entonces el costo debe ser compartido entre ambos.

5.1.2. Ejemplo para otros costos

Los costos que no son de personal tienen información de ingreso diferente. Aquí se presenta un ejemplo para costos de infraestructura, para el caso de un centro de transferencia de RS (ver Figura 9).

Para completar la línea, se debe de ingresar y revisar la información a ingresar:

- 1) Se valida el ítem que se está ingresando, en el caso presente se trata de una línea para vehículo del servicio de limpieza urbana, por lo que el ítem es correcto es: "Tractor CASE".
- 2) "Cantidad": Se ingresa la cantidad de centros de transferencia; en el caso del ejemplo es 1.
- 3) "Dedicación a la GRS": La dedicación a la gestión de los residuos sólidos permite validar la dedicación del ítem asignado a la gestión de los residuos sólidos. En el presente caso, el tractor es exclusivo para la gestión de los residuos sólidos, por lo que la dedicación es del 100%. Sin embargo, existen situaciones en las que los ítems pueden ser compartidos y no solamente usados por el servicio de GRS (p. ej., un parqueo, una sala de reuniones, un vehículo u otros). En ese caso, se debe definir cómo se comparte y qué parte de la GRS utiliza: se define con un porcentaje de dedicación.

- 4) "Costo unitario": El costo unitario del ítem considerado se ingresa aquí. Tomar nota que se ingresa el 100% del costo unitario; por lo tanto, el valor ingresado no depende de la dedicación a la GRS. El costo debe de incluir todos los costos de construcción, renovación, terreno y otros ligados al ítem presente.
- 5) "Tasa de interés préstamo": La tasa de interés relativa al préstamo realizado para la inversión se ingresa en esta quinta columna. En el caso que no se realizó un préstamo para la compra, entonces debe registrarse el valor de 0%. En el presente ejemplo, no se realizó un préstamo.
- 6) "Tiempo de vida": Se trata del tiempo de vida considerado para el ítem que corresponde también al tiempo para pagar el préstamo, si hubiera uno. En el ejemplo actual, son ocho años de vida. El resultado calcula el costo anual unitario que corresponde al costo total distribuido anualmente y tomando en cuenta la tasa de interés.

Como para el caso del personal sí existen los mismos ítems, pero con costos unitarios distintos, entonces se pueden ingresar en varias líneas. Por ejemplo, el centro de transferencia 1 y el centro de transferencia 2, con costos distintos.

Figura 9
Ejemplo de ingreso de costos reales para gastos otros de los de personal

Vehiculos		Cantidad [2]	Dedicación a GRS [%]	Costo unitario [3]	Tasa de interés préstamo [%]	Tiempo de vida [años]	Costo anual unitario [4/año]	
Servicio de limpieza urbana								
	Tractor CASE	1	100%	130'500.00	0%	8	16'313	16'312.50
	...otro	0	100%	340.00	0%	1	340	-
	...otro	0	100%	340.00	0%	1	340	-
	...otro	0	100%	340.00	0%	1	340	-
	...otro	0	100%	340.00	0%	1	340	-
	...otro	0	100%	340.00	0%	1	340	-

IMPORTANTE

El tiempo de vida y la tasa de interés (solo si existe préstamo) de cada ítem permiten calcular un parámetro intermedio:

Costo anual unitario

Este valor corresponde al costo de un ítem sobre su tiempo de vida útil, distribuido entonces anualmente. Por ejemplo, para el caso de un camión con un costo inicial de Bs 100.000, una tasa de interés nula y un tiempo de vida útil de 10 años, la tasa de amortización unitaria es de Bs 10.000.

5.1.3. Ejemplo específico para adquisiciones

En el caso específico de adquisiciones, algunas indicaciones son importantes de considerar. Por ejemplo, aquí con un camión recolector (ver Figura 10).

En este ejemplo, el costo del camión nuevo es de Bs 345.000 y es un camión que se utiliza en un 100% para el servicio de recolección, por lo que su dedicación es completa. Lo que se quiere detallar aquí es la parte sobre el tiempo de vida y el costo anual unitario. El tiempo de vida se define aquí en cinco años, tiempo de uso después del cual se debe

comprar un nuevo vehículo. El costo anual unitario se calcula entonces en base a este tiempo de vida y a la tasa del préstamo (si existe). En muchos casos, los camiones u otras adquisiciones tal vez no son nuevas, lo cual puede dificultar el ingreso de la información. En estos casos, se pueden tomar en cuenta estas dos opciones:

- Ingresar el costo real del ítem nuevo y su tiempo de vida previsto (p. ej., Bs 345.000 y diez años de uso para un vehículo nuevo).
- Ingresar el costo reevaluado del ítem y su tiempo de vida previsto (p. ej., Bs 200.000 y cinco años más de uso para un vehículo reevaluado).

Figura 10
Ejemplo de ingreso de costos reales para una adquisición de camión

Vehículos (inversión)							
Camión recolector	1	100%	345'000.00	5%	5	79'686	79'686.31

IMPORTANTE

Para estimar el costo anual de las adquisiciones existen dos opciones:

- Ingresar costo del ítem nuevo y la vida útil total.
- Ingresar el costo reevaluado del ítem usado y la vida útil que le queda al momento de la reevaluación del costo.

El tiempo de vida entonces corresponde al tiempo esperado de uso del ítem.

El relleno sanitario se encuentra a más de 50 km de la ciudad de Villa Montes y para reducir costos de transporte en la recolección, se cuenta con una Estación de Transferencia ubicada en el área urbana de esta ciudad.



En la segunda pestaña, se anotan los ingresos del servicio de GRS, estos se dividen en 4 categorías:

- Ingresos usuarios domiciliarios.
- Ingresos usuarios no domiciliarios.
- Ingresos por convenios.
- Otros ingresos.

Aquí, se debe de completar nuevamente cada casilla en blanco:

- 1) **"Descripción"**: Detalle del tipo de ingreso reportado. Por ejemplo, cobros a viviendas de categoría 1 (con recolección 2 veces por semana).
- 2) **"Año considerado"**: Se reporta el año considerado para el ingreso. Es muy importante que se reporte un año completo. Si se ingresa del año 2019, entonces todos los datos deben ser del año 2019. De lo contrario, los promedios anuales calculados por la herramienta serán erróneos. Si se tienen disponibles datos de varios años, se los puede ingresar. También es posible únicamente reportar de un año.
- 3) **"Unidades facturadas"**: Se indica la cantidad de unidades del ítem considerado (p. ej., son 500 usuarios de categoría 1 a las cuales se envió factura u otro tipo de documento para solicitar el pago).
- 4) **"Monto unitario"**: Se indica el monto total anual solicitado a cada una de las unidades facturadas (p. ej., el costo anual que se solicitó pagar a una vivienda de categoría 1 es de Bs 100).

5) **"Monto total recibido"**: Se indica el total de ingresos recibidos para esta línea de ingresos (p. ej., el total ingresado en 2019 por los pagos de los 500 usuarios en la muestra utilizada como referencia).

6) **"Monto total facturado"**: Se indica el monto total que se facturó o intentó cobrar a las viviendas. Esto debería corresponder al monto total facturado calculado. Es el monto unitario multiplicado por las unidades facturadas. Se debe de verificar que las cifras cuadren.

Con estos datos, la herramienta calcula el total recaudado y facturado, la morosidad de pago y el promedio anual de estos datos. Por esta razón es muy importante tener los años completos y, al menos, por un año entero.

5.3 Parámetros del modelo

La primera etapa de la modelización requiere ingresar datos relativos al sitio del estudio. En este capítulo se presentan los datos a ingresar. Se debe tomar nota que existen dos tipos de colores para las celdas de ingreso:

- Blancas: Se debe de ingresar un valor.
- Grises: Existe un valor predeterminado que se puede utilizar. Sin embargo, si se conoce un dato más preciso se puede modificar el valor predeterminado (ver Figura 13).

El ingreso de datos se divide en 13 categorías nombradas con letras, de la A a la M. Primero, se ingresan informaciones generales del sitio (ver Figura 14).

Figura 13
Pestaña «3) Parámetros_modelo»

The screenshot displays the 'Ingreso de datos para cálculos de modelización' form. It is divided into two main sections: 'A) Información general' and 'B) Características de los residuos sólidos'. The form includes various input fields and checkboxes, some of which are highlighted in green to indicate where data should be entered. The 'Indicación' section provides detailed instructions for the 'Por defecto = 7' parameter, including an example calculation. The 'B) Características de los residuos sólidos' section includes a note about using default values if specific data is unknown.

Figura 14
A) Información general

A) Información general		Indicación
Población total		Total de la población del municipio o zona
Numero promedio de personas por vivienda		
Cobertura del servicio [%]		% de la población servida por el servicio de recolección
Generación de residuos sólidos por día y por persona [kg/hab*día]		Generación domiciliar de RS diaria
Días de generación [días/semana]	7	Por defecto = 7
% de residuos sólidos no domiciliarios generados en relación a la generación total [%]	30%	Por ejemplo: si la generación total es 1.000 kg/día y la generación no domiciliar es 300 kg/día, aquí se indica 30%. Por defecto = 30% como en la herramienta "Waste Flow Diagram".
Densidad de carretera [km/km ²]		Valores indicativos: Nivel 1: 15km/km ² Nivel 2: 4 km/km ² Nivel 3: 1 km/km ² Nivel 4: 0.2 km/km ² Se puede calcular con la longitud total de carretera por superficie considerada
Superficie de zona considerada en hectáreas [hectáreas]		Ingresar la superficie total de la ciudad - donde la población ingresada anteriormente vive
Superficie de zona considerada [km ²]		0 1 hectárea = 0.01 km ²

- 1) **Población:** Total de habitantes de la zona considerada.
- 2) **Personas por vivienda:** Promedio de habitantes en cada vivienda.
- 3) **Cobertura del servicio:** Porcentaje de la población que recibe el servicio de recolección.
- 4) **Generación diaria:** Generación de RS en kilogramos por habitante y por día.
- 5) **Días de generación por semana:** Por defecto se generan RS todos los días (7).
- 6) **Generación no domiciliaria:** Se indica el porcentaje de RS generados por fuentes no domiciliarias en función del total generado a domicilio. Por ejemplo, a domicilio se generan 1.000 kg/día y en las otras fuentes 400 kg/día; entonces, en este último caso, el valor a indicar en porcentaje es de 40%.
- 7) **Densidad de carretera:** Se calcula en base a la longitud de carretera para cada kilómetro cuadrado. Para calcularlo, se puede dibujar en un mapa varios cuadrados de 1 km² cada uno, medir la longitud de las carreteras presentes en estos cuadrados y realizar un promedio repre-

sentando la zona de trabajo. Como indicación, se dejan los siguientes niveles:

- Nivel 1: 15 km/km² – ciudad con alta densidad de población y carreteras.
- Nivel 2: 4 km/km² – ciudad con media/baja densidad de población y carreteras.
- Nivel 3: 1 km/km² – zonas rurales pobladas o periurbanas de baja densidad de población y carreteras.
- Nivel 4: 0,2 km/km² – zonas rurales poco pobladas y difíciles de acceso.

Si es posible medir con un programa GIS, se define el área de trabajo y se mide la longitud total de carreteras dentro de esta zona para realizar el cálculo de densidad. De no ser posible se puede realizar la medición de forma aproximada imprimiendo un mapa, dibujando cuadrados de 1 km² y midiendo la longitud de todas las rutas que atraviesan el cuadrado dibujado. Como última opción, se puede seleccionar uno de los valores indicativos para el nivel correspondiente al caso en función de la descripción indicada.

IMPORTANTE

1) La generación no domiciliaria incluye: residuos sólidos de comercios, de entidades públicas, instituciones, unidades educativas, mercados, etc. Se excluyen los residuos especiales, así como residuos de los centros de salud y residuos industriales, etc.

2) La densidad de carretera y la superficie de la zona se utilizan para definir la longitud total de carreteras a recolectar y la distribución promedio de la población por kilómetro de carretera.



Aprovechamiento de materiales reciclables, donde la población de Tupiza deposita botellas pet en contenedores ubicados para este fin en distintos puntos de la ciudad.

- 8) **Superficie de la zona considerada:** El área total en la cual se reparte la población total contabilizada que se ingresó como dato anterior.

Como segunda parte, se ingresan datos de los residuos sólidos (ver Figura 15).

Se ingresa la composición por peso (húmedo) de los residuos sólidos en las categorías siguientes: orgánicos, papel y cartón, metales, plásticos, vidrios, y los residuos y otros materiales. En la categoría "residuos y otros" entran todas las fracciones que no tienen una línea específica. La clasificación se basa en la Norma Boliviana NB 743. Si no se conoce la composición de los residuos sólidos, se puede utilizar los datos nacionales o regionales que sean los más representativos de la zona considerada.

Después de registrar la composición, se debe de ingresar datos de densidades de los RS. Para ello, se pueden utilizar los datos predeterminados o ingresar datos más precisos en caso de que se conozcan.

La tercera parte se enfoca en datos de los vehículos de recolección y transferencia (ver Figura 16).

Figura 15
B) Caracterización de los residuos sólidos

B) Características de los residuos sólidos		Si no se conocen los datos locales, utilizar valores de literatura los más representativos del contexto Tomar en cuenta que es definido por % PESO	
Fracción orgánica por peso [%]			
Papel y cartón por peso [%]			
Metales por peso [%]			
Plásticos por peso [%]			
Vidrios por peso [%]			
Otros & desechos por peso [%]		100,0%	Incluye todas las categorías no especificadas anteriormente, según norma NB 743
Densidad de residuos sólidos mixtos sueltos [kg/m ³]		161	Por defecto = 161
Densidad de RS mixtos en vehículo de transferencia [kg/m ³]		0	
Densidad de RS orgánicos [kg/m ³]		300	Por defecto = 300
Densidad de RS reciclables mezclados (papel, cartón, metales, plásticos, vidrios) [kg/m ³]			
Densidad de RS papel y cartón [kg/m ³]		200	Por defecto = 200
Densidad de RS metales [kg/m ³]		1200	Por defecto = 1200
Densidad de RS plásticos [kg/m ³]		50	Por defecto = 50
Densidad de RS vidrios [kg/m ³]		800	Por defecto = 800
Densidad de RS otros & desechos [kg/m ³]		161	Por defecto, igual a RS mixtos sueltos

Figura 16
C) Vehículos de recolección y de transferencia

C) Vehículos de recolección y de transferencia			
Volumen de vehículo de recolección secundaria [m ³]			Vehículos utilizados para la recolección. Volumen de 1 vehículo. Si es un compactador la tasa es >2, para un camión sin compactación la tasa indicativa es 1.2-1.5
Grado de compactación vehículo de recolección [l]			
Grado de compactación vehículo de recolección para materia orgánica [l]		1,1	Por defecto = 1.1
Volumen de vehículo de transferencia [m ³]			Vehículos utilizados de la estación de transferencia hacia la disposición final
Grado de compactación vehículo de transferencia [l]		0	Por defecto, igual a 80% de la tasa de compactación de recolección.
Consumo de gasolina/diésel de vehículos de recolección secundaria [L/km]		0,45	Por defecto = 0.45
Consumo de gasolina/diésel de vehículos de transferencia [L/km]		0,3	Por defecto = 0.3
Costo de gasolina/diésel [\$\$\$/L]			
Costo de seguro por vehículo de recolección y por año [\$\$\$/año]		1700	Por defecto = 1'700 USD
Costo de mantenimiento por km vehículos de recolección [\$\$\$/km]		0,3	Por defecto = 0.3 USD
Costo de seguro por vehículo de transferencia y por año [\$\$\$/año]		1700	Por defecto = 1'700 USD
Costo de mantenimiento por km camiones de transferencia [\$\$\$/km]		0,15	Por defecto = 0.15 USD

El modelo simplifica el sistema de recolección y de transferencia con el uso de un tipo de vehículo específico para cada tarea. Por lo tanto, aquí se ingresa el volumen útil de los vehículos de recolección y la tasa de compactación de los RS mezclados. El volumen definido puede ser el volumen de los camiones comúnmente utilizados. La tasa de compactación es superior a 2 para camiones compactadores y de 1,2 - 1,5 para volquetas u otros camiones no compactadores. Se especifica una tasa de compactación para residuos orgánicos que se utiliza únicamente para el escenario de recolección diferenciada en camiones distintos.

Se introduce aquí el volumen útil de los camiones de transferencia. Se debe de adoptar el volumen en función de las posibilidades debidas al contexto local. ¿Qué tipo de camión de alta capacidad puede movilizarse en la transferencia de residuos sólidos? Pueden ser volúmenes de 25 a 70 m³ aproximadamente.

Los próximos datos a ingresar corresponden a los consumos de combustible para camiones de recolección y camiones de transferencia. Se propone un consumo de 0,45 l/km para la recolección, considerando velocidades bajas y paradas múltiples en su ruta. Para la transferencia, no hay paradas frecuentes y las velocidades son mayores. Se pueden utilizar los valores predefinidos o ingresar información más precisa si es conocida.

El costo del combustible se debe de actualizar con los datos actuales y locales de tipo de gasolina o diésel utilizado.

Se tienen datos por defecto para costos de mantenimiento y de seguros para los vehículos, pero estos pueden ser modificados si se conocen datos más precisos. El costo predefinido para mantenimiento de camiones de recolección es de 2 Bs/km y, para ca-

miones de transferencia, es de 1 Bs/km. Los costos de los seguros son de 12.000 Bs/año, en ambos casos.

La cuarta parte corresponde a los datos para la recolección primaria. Esto se refiere a vehículos más pequeños o carretillas que pueden ser utilizados para una recolección en áreas de difícil acceso en donde los camiones no pueden acceder. En muchos casos, este servicio es brindado por microempresas que realizan la recolección primaria y que depositan los RS en sitios donde el servicio de recolección secundaria puede acceder (o directamente a un camión de recolección secundaria) (ver Figura 17).

En primer lugar, es preciso definir si existe o no la recolección primaria. Para ello, se define con un "Sí" o un "No" en la primera casilla. En caso de que sea negativo, los cálculos de escenarios ignorarán todos estos datos de la parte D).

Si existe recolección primaria, entonces se debe completar debidamente toda la información solicitada:

- **Tipo de recolección primaria:** Varias opciones posibles. Alternativamente, si no existe la opción deseada, se puede seleccionar la opción "Mixta".
- **Población:** Habitantes en la zona con recolección.
- **Cobertura:** % de la población que recibe recolección.
- **Superficie:** Área de la zona de cobertura en kilómetros cuadrados (km²).
- **Densidad de carreteras** (véase lo explicado en A) Información general).
- **Volumen de vehículos:** Capacidad volumétrica en m³ del tipo de vehículo utilizado.

Figura 17
D) Recolección primaria

D) Recolección primaria		
¿Se realiza recolección primaria en alguna(s) área(s) consideradas?		La recolección primaria es una recolección de puerta a puerta con vehículos más pequeños que transfieren los residuos sólidos al sistema de recolección secundaria.
Tipo de recolección primaria		
Población total del área con recolección primaria		
Cobertura [%]		
Población total recolectada con recolección primaria	0	
Superficie total del área con recolección primaria [km ²]		Corresponde al área donde vive la población total considerada
Densidad de carreteras [km/km ²]	0	Por defecto = definido en recolección principal
Volumen de vehículos de recolección primaria [m ³]		
Costo por km para el vehículo de recolección primaria seleccionado [\$\$\$ /km]	0,6	Por defecto = 0.6 USD, incluye combustible, mantenimiento y seguros
Grado de compactación []		
Frecuencia de recolección por semana [# /semana]		
Cantidad de personal por vehículo de recolección primaria		
Costo de salario, prestaciones, seguros y equipo por persona y por año para recolección primaria [\$\$\$ /año]		
Definición de velocidad de recolección [km/h]		Definir manualmente la velocidad de recolección - obligatorio si el tipo de recolección es mixto
Velocidad de recolección [km/h]	0	
Distancia promedio entre zona de recolección primaria y punto de recolección secundario [km]	0,2	Por defecto = 200 m
Distancia promedio entre el domicilio y zona de recolección primaria [km]	2	Por defecto = 2 km
Tiempo para vaciar contenido en punto de recolección secundario [min]	3	Por defecto = 3 minutos
Costo del tipo de vehículo utilizado [\$\$\$]		
Kilometraje máximo de vehículos de recolección primaria [km]	150.000	Por defecto 150'000

Residuos sólidos recolectados son transportados al relleno sanitario de Villazón.



- **Costo por kilómetro:** El costo por kilómetro para el uso del vehículo incluye: mantenimiento, combustible, seguros, otros gastos operativos. No incluye el costo de inversión/compra.
- **Grado de compactación:** Factor de compactación del vehículo (por defecto = 1).
- **Frecuencia de recolección:** Cantidad de veces por semana atendiendo al mismo usuario.
- **Cantidad de personal:** N° de personas (ayudantes) para el vehículo seleccionado.
- **Costos de personal:** Incluye el salario, las prestaciones, los seguros y el equipo personal.
- **Definición de velocidad de recolección:** Opción optativa solamente si la velocidad de recolección no corresponde a la realidad local. Es obligatorio si se utiliza el tipo de vehículo "Mixto" (distintos vehículos o un vehículo que no está en la lista).
- **Distancia entre zona de recolección y punto de recolección secundaria:** Por defecto, se estima que esta distancia es pequeña. El vehículo primario no lleva los residuos al punto de disposición final o transferencia, los transfiere a un vehículo de recolección secundaria cercano (por defecto, definido en 200 m).
- **Distancia entre parqueo y zona de recolección primaria:** Por defecto, 2 km. Se estima que los vehículos estarán parqueados lo más cerca posible de sus zonas de recolección. Se puede modificar el dato si es útil.
- **Tiempo de vaciado:** Estimación del tiempo para vaciar el contenido en punto de acopio hacia recolección secundaria (por defecto = 3 minutos, se realiza manualmente).
- **Costo del vehículo:** costo de compra del vehículo seleccionado.
- **Kilometraje máximo:** N° de km recorridos antes de cambiar de vehículo (por defecto = 150.000).

La quinta parte permite de identificar las distancias que deben recorrer los camiones (ver Figura 18).

Aquí la información que se necesita es:

- La distancia promedio entre el parqueo de los vehículos recolectores y los puntos de inicio de la ruta de recolección.
- La distancia promedio entre el final de la ruta de recolección al sitio de disposición final, a la planta de reciclaje o a la planta de compostaje.

Figura 18
E) Rutas de recolección

E) Rutas de recolección	
Distancia promedio entre parqueo y primer punto de recolección [km]	
Distancia promedio desde el último punto de recolección hacia sitio de disposición final [km]	Aplica cuando no hay estación de transferencia
Distancia promedio desde el último punto de recolección hacia estación de transferencia [km]	Aplica cuando hay estación de transferencia
Distancia promedio de estación de transferencia a sitio de disposición final [km]	Aplica cuando hay estación de transferencia
Distancia promedio desde el último punto de recolección hacia planta de clasificación/reciclaje [km]	0 Por defecto = mismo sitio que estación de transferencia
Distancia promedio desde el último punto de recolección hacia planta de compostaje [km]	0 Por defecto = mismo sitio que estación de transferencia
Velocidad promedio en zonas urbanas para vehículos de recolección [km/h]	15 Por defecto = 15
Velocidad promedio fuera de zonas urbanas para vehículos de recolección [km/h]	40 Por defecto = 40
Velocidad promedio de fuera de zonas urbanas para vehículos de transferencia [km/h]	40 Por defecto = 40

- La distancia promedio entre el final de la ruta de recolección a la estación de transferencia. Si no hay estación de transferencia, se debe localizar un sitio posible para dicha estación.
- La distancia promedio entre la estación de transferencia y el sitio de disposición final.

Adicionalmente, se puede indicar las velocidades promedio de los vehículos en la ciudad y fuera de la ciudad. Por defecto, se considera que, dentro de las zonas urbanas, los vehículos de recolección mantienen una velocidad de 15 km/h. Fuera de la zona urbana, ambos vehículos (recolección y transferencia) pueden ir a 40 km/h, en promedio. No se indica una velocidad en zona urbana para los vehículos de transferencia porque se parte de que en zonas urbanas la velocidad es moderada y con tránsito.

En la sexta parte, se indican los costos del personal del servicio de recolección (ver Figura 19).

Se definen, por defecto, la cantidad de días laborales por semana (5), las horas por día (8), la cantidad de días de vacaciones por año (20) y de feriados (15). Estos cuatro datos pueden ser modificados si se conocen de forma más precisa o para adaptar a los contextos de aplicación de la herramienta.

Se solicita entonces tres datos adicionales:

- ¿Hay servicio los días sábado?
- ¿Hay servicio los días domingo?
- ¿Se puede utilizar un mismo camión en dos turnos con dos equipos de trabajo distintos?

Es importante resaltar aquí lo siguiente:

- El hecho de indicar que hay servicio los sábados y domingos no implica más días de trabajo por persona, solamente afecta en la posibilidad de uso de camiones en los fines de semana y, por consiguiente, en un uso más eficiente de la flota.
- Poder realizar dos turnos con un mismo camión en un día afecta considerablemente la eficiencia de la flota de vehículos. Más se utilizan mejor en términos de eficiencia. Hay que considerar aquí, aunque no necesariamente es el caso actual, que si es posible recolectar entre 6 a.m. y 10 p.m., entonces sí se pueden hacer dos turnos con un mismo camión.

Para calcular los costos de la recolección, la herramienta requiere que se ingresen los costos anuales unitarios para choferes, ayudantes y trabajadores. Estos costos totales anuales corresponden a la suma del salario, las prestaciones, los beneficios sociales y los seguros, constituyendo el costo total que el empleador debe pagar para un empleado o empleada. Los ayudantes son personas que trabajan junto al camión recolector y los trabajadores son los que trabajan en la estación de transferencia.

Se ingresan también los costos de materiales, suministros y equipo para el personal.

En la parte séptima, se indican las frecuencias de recolección (ver Figura 20).

En esta parte, se debe indicar las frecuencias de recolección para los distintos escenarios (A, B, C y D). Los valores están predefinidos a dos recolecciones de rutas específicas para los desechos (escenarios A, B y C). En el caso del escenario D, los residuos y la materia orgánica son recolectados dos

Figura 19
F) Personal

F) Personal		Se completa como promedio por cada empleado/a
Días laborales legales por semana [días/semana]	<input type="text" value="5"/>	Por defecto = 5
Horas laborales por día laboral [horas/día]	<input type="text" value="8"/>	Por defecto = 8
Días de vacaciones por año [días/año]	<input type="text" value="15"/>	Por defecto = 20
Días feriados por año [día/año]	<input type="text" value="15"/>	Por defecto = 15
Días laborales equivalentes por semana [días/semana]	<input type="text" value="4,4"/>	
¿Se trabaja los días sábado?	<input type="text"/>	
¿Se trabaja los días domingo?	<input type="text"/>	
¿Se pueden realizar dos turnos de 8 horas para un mismo camión con dos equipos de recolección diferentes en un día?	<input type="text"/>	Si la recolección es posible entre 6 am y 22 pm (16h o más) entonces si se debería poder utilizar un camión para 2 turnos en 1 día
Prueba lógica 1 []	<input type="text" value="5"/>	
Factor aplicado al número de camiones necesario []	<input type="text" value="1"/>	
Días laborales por año [días/año]	<input type="text" value="230"/>	
Horas laborales por año [horas/año]	<input type="text" value="1840"/>	
Costos de salario, beneficios sociales y seguros anuales para chofer [\$\$\$ /año]	<input type="text"/>	Costo para 1 persona en todas estas líneas
Costos de salario, beneficios sociales y seguros anuales para ayudante de recolección [\$\$\$ /año]	<input type="text"/>	Personal ayudante en camión de recolección o transferencia
Costos de salario, beneficios sociales y seguros anuales para trabajador/a [\$\$\$ /año]	<input type="text"/>	Personal de estación de transferencia
Otros costos anuales para chofer [\$\$\$ /año]	<input type="text"/>	Incluye materiales, suministros varios y equipo
Otros costos anuales para ayudante de recolección [\$\$\$ /año]	<input type="text"/>	Incluye materiales, suministros varios y equipo
Otros costos anuales para trabajador/a [\$\$\$ /año]	<input type="text"/>	Incluye materiales, suministros varios y equipo

Figura 20
G) Recolección domiciliar

G) Recolección domiciliar		
Frecuencia de recolección semanal [n°recolección/semana]		N° de veces que se recolectan rutas específicas (modelo A/B)
Frecuencia de recolección semanal contenedores [n°recolección/semana]		Aplica para opción con contenedores (modelo C)
Frecuencia de recolección semanal para desechos [n°recolección/semana]		Aplica para opción con clasificación (modelo D)
Frecuencia de recolección semanal para reciclables [n°recolección/semana]		Aplica para opción con clasificación (modelo D)
Frecuencia de recolección semanal para materia orgánica [n°recolección/semana]		Aplica para opción con clasificación (modelo D)

veces por semana y los materiales reciclables una vez. Se pueden modificar estos valores si el contexto lo requiere, sin embargo, una recolección mayor a tres veces por semana no es adecuada y puede aumentar considerablemente los costos de gestión.

En la octava parte, se definen los tiempos necesarios para cargar y descargar los camiones (ver Figura 21).

Se solicitan tres distintos tiempos que están definidos por defecto en 12 minutos:

- Tiempo para vaciar los residuos de los camiones recolectores en la estación de transferencia.
- Tiempo para llenar los residuos en los vehículos de transferencia en la estación de transferencia.
- Tiempo para vaciar los residuos de los vehículos de transferencia en el sitio de disposición final.

En los distintos escenarios, existe la opción de tener o no una estación de transferencia. En caso de no tenerla, el tiempo para vaciar los residuos de los camiones recolectores se utiliza para calcular el tiempo para depositar la carga en el sitio de disposición final. Este mismo dato se utiliza para vaciar en la planta de compostaje o de reciclaje.

En la novena parte, se definen los costos de inversión relativos a la recolección (ver Figura 22).

En esta parte, se ingresan los datos correspondientes a los equipos e infraestructura de recolección:

- Costos y kilometraje máximo para camiones de recolección y de transferencia.
- Costos y tiempo de vida para los camiones y contenedores.
- Costo y tiempo de vida de la estación de transferencia.

Estos datos deben corresponder a los costos de los modelos de vehículos con los volúmenes y grados de compactación ingresados en la tercera parte. Adicionalmente, aquí se define de forma pre-determinada un kilometraje máximo de 250.000 km después del cual los camiones se dejan de utilizar. No se quiere exagerar este parámetro, puesto que, entonces, los costos de mantenimiento por kilómetro recorrido aumentarían mucho después de este kilometraje. Para la eficiencia del servicio, es recomendable utilizar camiones en buen estado y cambiarlos cuando necesario.

Para los contenedores de RS, se predefine un tiempo de vida útil de 5 años y un costo de Bs 3.500. Estos datos pueden ser modificados si se conocen de forma más precisa. El tiempo de vida útil no debe ser mucho mayor; los contenedores deben de estar siempre en buen estado y ser cambiados si no lo están. En todo caso, el costo de los contenedores es primordial dentro de la modelización porque es un gasto mayor que hay que realizar para este tipo de recolección, por lo que se recomienda definir un tiempo de vida de cinco años, como mínimo.

Figura 21
H) Tiempos de descarga

H) Tiempos de descarga		
Tiempo para vaciar camión recolector en estación de transferencia o disposición final [minutos]	12	Por defecto = 12
Tiempo para llenar camiones de transferencia en la estación de transferencia [minutos]	12	Por defecto = 12
Tiempo para vaciar camiones de transferencia en sitio de disposición final [minutos]	12	Por defecto = 12

Figura 22
I) Tiempos de depreciación y costos

I) Tiempos de depreciación y costos		
Kilometraje máximo de vehículo de recolección [km]		
Costo vehículo de recolección [\$\$\$]	128.000	Por defecto = 128'000 USD, camión compactador
Kilometraje máximo de vehículos de transferencia [km]		
Costo vehículo de transferencia [\$\$\$]	50.000	Por defecto = 36'000 USD
Tiempo de vida de contenedores [años]	5	Por defecto = 5
Costo contenedor [\$\$\$]	400	Por defecto = 400 USD
Tiempo de vida de estación de transferencia [años]	20	
Costo estación de transferencia [\$\$\$]	100.000	Por defecto = 100'000 USD



Recolección por el método de acera, cumpliendo horarios, rutas y frecuencias en la ciudad de Sucre.

Por último, el costo de las estaciones de transferencia está predeterminado en Bs 500.000, lo que corresponde a un centro básico pero eficiente. Este monto puede ser modificado si se cuenta con la información. El tiempo de vida referencial es de 20 años, pero puede ser modificado, aunque no se recomienda considerar un tiempo de vida útil mayor para una infraestructura de transferencia.

En la décima parte, se definen los costos de inversión relativos a la recolección (ver Figura 23).

En esta parte, se definen las características de los contenedores para los escenarios C y D.

Se puede definir:

- El volumen.
- El grado de llenado.

Ambos datos son predefinidos en 1,1 m³ y en 80%, respectivamente. Esto corresponde a contene-

dores estándar y con un uso eficiente. El 80% de llenado asegura que los residuos sólidos no rebalsen y entonces se limitan los inconvenientes por falta de capacidad volumétrica en el diseño.

Adicionalmente, se define la eficiencia en separación de los reciclables y de los orgánicos en 80%, lo que representa un valor elevado pero alcanzable. Este dato corresponde a la eficiencia de separación en la fuente: en los hogares o espacios no domiciliarios.

En la onceava parte se definen los parámetros para la modelización de la limpieza de calles y de áreas públicas (ver Figura 24).

En esta parte se definen los parámetros para la modelización del servicio de barrido y limpieza de vías y áreas públicas. Se divide en tres partes: el servicio de barrido manual, el barrido mecánico y la limpieza de áreas públicas.

Primero, se definen los parámetros para el barrido de vías de forma manual:

Figura 23
J) Características de los contenedores

J) Características de los contenedores		
Para escenario de recolección mixta con contenedores (C)		
Volumen de los contenedores de residuos mixtos (desechos) [m ³]	1,1	Por defecto = 1.1
Tasa promedio de llenado de contenedores de residuos mixtos (desechos) [%]	80%	Por defecto = 80
Para escenario de recolección diferenciada con contenedores (D)		
Volumen de los contenedores de residuos mixtos (desechos) [m ³]	1,1	Por defecto = 1.1
Tasa promedio de llenado de contenedores de residuos mixtos (desechos) [%]	80%	Por defecto = 80%
		<i>Imperativo ser menos de 100% porque es un promedio - si es 100 entonces los contenedores rebasarán de forma regular.</i>
Volumen de los contenedores de reciclables [m ³]	1,1	Por defecto = 1.1
Tasa promedio de llenado de contenedores de reciclables [%]	80%	Por defecto = 80%
		<i>Imperativo ser menos de 100% porque es un promedio - si es 100 entonces los contenedores rebasarán de forma regular.</i>
Volumen de los contenedores de orgánicos [m ³]	1,1	Por defecto = 1.1
Tasa promedio de llenado de contenedores de orgánicos [%]	80%	Por defecto = 80%
		<i>Imperativo ser menos de 100% porque es un promedio - si es 100 entonces los contenedores rebasarán de forma regular.</i>
Eficiencia de separación de reciclables en la fuente [%]	80%	Por defecto = 80%
		<i>Es la proporción de reciclables totales que se logra separar por los generadores de residuos en la fuente</i>
Eficiencia de separación de orgánicos en la fuente [%]	80%	Por defecto = 80%
		<i>Es la proporción de orgánicos totales que se logra separar por los generadores de residuos en la fuente</i>

Intercambio de experiencias con personal técnico de otros municipios en la planta de compostaje ubicada en el relleno sanitario de Villazón.



- La frecuencia de barrido de cada ruta por semana.
- La longitud de vías pavimentadas que reciben servicio.
- La eficiencia: buena, media o mala (o, en su caso, el rendimiento [km/barrendero.día]).

Si no hay limpieza de vías entonces indicar cero en la longitud o la frecuencia de servicio.

Segundo, se definen los parámetros para el barrido mecánico:

- La frecuencia de barrido por semana.
- La longitud de vías pavimentadas que reciben el servicio.
- El costo del tipo de vehículo utilizado.
- El tiempo de vida del tipo de vehículo utilizado.
- La eficiencia (rendimiento) del servicio mecanizado.

Por último, se definen los parámetros para la limpieza de las áreas públicas como las plazas:

- La frecuencia de limpieza.

Figura 24
K) Limpieza urbana

K) Barrido/Limpieza urbana		
Barrido de vías con servicio manual		
Frecuencia del servicio de barrido por semana [limpiezas/semana]	<input type="text"/>	
Longitud de vías pavimentadas con servicio de barrido manual [km]	<input type="text"/>	
Eficiencia	<input type="text"/>	
Rendimiento de barrido [km/barrendero*día]	<input type="text"/>	0
Barrido de vías con servicio mecanizado		
Frecuencia del servicio barrido mecánico por semana [limpiezas/semana]	<input type="text"/>	
Longitud de vías pavimentadas con servicio de barrido mecanizado [km]	<input type="text"/>	
Costo de la barredora [\$\$\$]	<input type="text"/>	
Tiempo de vida de vehículo utilizado [años]	<input type="text"/>	
Rendimiento barredora [km/barredora*día]	<input type="text"/>	Valores indicativos: de 10 a 40 km/persona*día, depende del vehículo utilizado
Limpieza de áreas públicas (plazas y otros)		
Frecuencia del servicio por semana [limpiezas/semana]	<input type="text"/>	
Superficie de áreas públicas con servicio de barrido/limpieza urbana (plazas, parques, ...) [m2]	<input type="text"/>	
Superficie de áreas públicas con servicio de limpieza urbana [km2]	<input type="text"/>	0
Eficiencia	<input type="text"/>	
Rendimiento limpieza áreas públicas [hectáreas/barrendero*día]	<input type="text"/>	0
Rendimiento limpieza áreas públicas [m2/barrendero*día]	<input type="text"/>	0
Cantidad de basureros públicos [l]	<input type="text"/>	
Costo unitario de basureros públicos [\$\$\$]	<input type="text"/>	
Tiempo de vida de basureros públicos [años]	<input type="text"/>	
Costos de personal y materiales		
Costos de materiales y equipo por kilómetro de vía con barrido manual [\$\$\$/km]	<input type="text"/>	0,3 <i>Materiales como bolsas, equipos como carretillas, pallas etc. Costos de uso de vehículos se incluyen también aquí. Por defecto = 0.3 USD</i>
Costos de materiales y equipo por kilómetro de vía barrido mecánico [\$\$\$/km]	<input type="text"/>	1 <i>Debe incluir uso y mantenimiento de vehículos (no el costo capital). Por defecto = 1 USD</i>
Costos de materiales y equipo por hectárea de área pública barrida [\$\$\$/hectárea]	<input type="text"/>	0,6 <i>Por defecto = 0.6 USD</i>
Costos de materiales y equipo por m2 de área pública barrida [\$\$\$/m2]	<input type="text"/>	60
Salario y beneficios sociales anuales para jefe/a de equipo de barrido/limpieza urbana [\$\$\$/año]	<input type="text"/>	
Otros costos anuales para jefe/a de equipo de limpieza urbana [\$\$\$/año]	<input type="text"/>	<i>Incluye materiales, suministros varios y equipo personal</i>
Salario y beneficios sociales anuales para trabajador/a de barrido/limpieza urbana [\$\$\$/año]	<input type="text"/>	
Otros costos anuales para trabajador/a de limpieza urbana [\$\$\$/año]	<input type="text"/>	<i>Incluye materiales, suministros varios y equipo personal</i>



Disposición final,
de los residuos recolectados,
en el relleno sanitario
de Villazón.

- La superficie total que recibe servicio en metros cuadrados.
- La eficiencia: buena, media o mala (rendimiento en $m^2/\text{barrendero.día}$).
- La cantidad de basureros (papeleros) públicos. Añadir aquí todos los basureros públicos, los que están en áreas públicas y vías.
- El costo unitario de estos basureros (papeleros) públicos.
- El tiempo de vida de los basureros (papeleros).

Se definen entonces los costos del personal individual:

- Salario, prestaciones, beneficios sociales y seguros.
- Materiales, suministros y equipo de protección personal.

Para todo el personal de barrido y limpieza (supervisores y barrenderos).

Tomar nota aquí, que la modelización es idéntica para los ocho escenarios. Se puede modificar la eficiencia (el rendimiento) definida para ver cómo fluctúan los costos con eficiencias (rendimientos) diferentes y comparar con la eficiencia (el rendimiento) real actual en los resultados.

En la doceava parte, se definen los costos por tonelada de otros servicios de la GRS (ver Figura 25).

Aquí se puede definir el costo por tonelada para el compostaje, el reciclaje y la disposición final. Este costo debe incluir todos los costos de inversión y operativos. Se tienen valores por defecto que se pueden modificar si se conocen datos más precisos.

Adicionalmente, se definen los ingresos estimados por la venta de materiales reciclados y el compost generado.

En la treceava y última parte, se definen los costos administrativos, de planificación y monitoreo, así como los costos de educación y comunicación (ver Figura 26).

Aquí se definen los costos blandos como porcentajes de todos los costos anteriores.

Con esta parte se finaliza el requerimiento de datos para la modelización de escenarios. Sin embargo, un usuario avanzado puede ingresar a la pestaña "5) Cálculos", donde puede visualizar el proceso de cálculo y modificar algunos parámetros avanzados de la modelización. Estos parámetros se describen en el próximo capítulo de esta guía. En caso de que se quiera ver directamente los resultados de la modelización, ingresar a la pestaña "4) Resultados" o revisar el capítulo correspondiente de esta guía (8).

IMPORTANTE

Algunos cálculos de la pestaña no se ejecutan si no se registran los datos necesarios en las casillas en blanco de las pestañas anteriores. Si todas las casillas se completan, se podrán ver todos los resultados de costos y de eficiencia actuales.

En caso que no se conozcan estos datos, es importante tener en cuenta que los mismos son fundamentales para la planificación y gestión eficiente del servicio y deberán establecerse mecanismos, a futuro, para obtenerlos.

Figura 25
L) Compostaje, reciclaje y disposición final

L) Compostaje, reciclaje y disposición final		
Compostaje		
Costos estimados de compostaje (operación, mantenimiento e inversión) por tonelada de residuos orgánicos entrantes a planta de compostaje [\$\$\$/ton]	20	Por defecto = 20 USD
Ingresos estimados por la venta del material compostado [\$\$\$/ton]	2	Por defecto = 2 USD
Reciclaje		
Costos estimados de gestión de reciclables (operación, mantenimiento e inversión) por tonelada de residuos reciclables entrantes a planta de gestión de reciclables [\$\$\$/ton]	20	Por defecto = 20 USD
Ingresos estimados por la venta del material clasificado [\$\$\$/ton]	14	Por defecto = 14 USD
Disposición final		
Costos estimados de disposición final (operación, mantenimiento e inversión) por tonelada [\$\$\$/ton]	20	Por defecto = 20 USD

Figura 26
M) Administración, planificación y monitoreo y formación, educación y comunicación

M) Administración, planificación y monitoreo y formación, educación y comunicación		
Estimación de costos administrativos		
Porcentaje del total de costos anuales [%]	10%	Por defecto = 10
Estimación de costos de planificación y fiscalización		
Porcentaje del total de costos anuales [%]	2%	Por defecto = 2
Estimación de costos blandos (formación, educación, comunicación)		
Porcentaje del total de costos anuales [%]	5%	Por defecto = 5

5.4 Resultados de estado actual

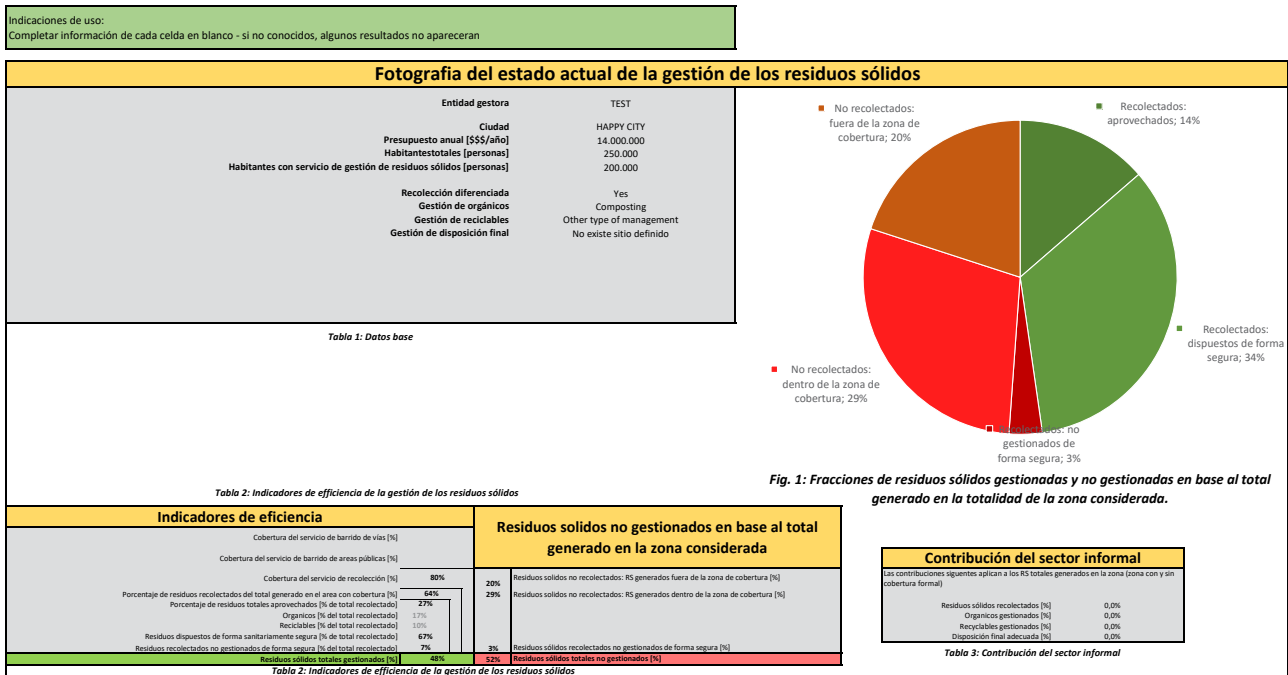
En este capítulo se presenta la pestaña "4) Resultados" (ver Figura 27).

En la pestaña de resultados actuales, se visualizan cinco cuadros de resultados:

Parte 1: Eficiencia del servicio de GRS.
Parte 2: Costos e ingresos del servicio de GRS.
Parte 3: Tablas y gráficas de resultados de modelización.

El análisis de estos resultados se presenta en el capítulo 8.

Figura 27
Pestaña «4) Resultados»



Resumen de costos y ingresos [\$\$\$/año]	
Resumen de costos y ingresos [\$\$\$/año]	
Prestación del servicio	17.000.000
Barrido de vías y áreas públicas	1.000.000
Taller de mantenimiento	1.000.000
Servicio de recolección	5.000.000
Planta de reciclaje	2.000.000
Planta de compostaje	3.000.000
Estación de transferencia y transporte	1.000.000
Disposición final	4.000.000
Administración del servicio	1.000.000
Planificación y fiscalización del servicio	1.200.000
Educación y comunicación	1.920.000
Costo anual total [\$\$\$/año]	21.120.000
Costo por tonelada recolectada [\$\$\$/ton]	430
Costo por usuario [\$\$\$/hab/año]	101
Presupuesto anual [\$\$\$/año]	14.000.000
Facturado anualmente [\$\$\$/año]	12.000.000
Cobrado anualmente [\$\$\$/año]	10.000.000
Morosidad de pago [%]	17%
Subvención necesaria por año [\$\$\$/año]	11.120.000
Deficiencia de presupuesto [\$\$\$/año]	-7.120.000

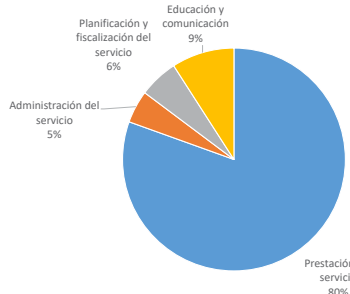


Fig. 2: Distribución de los costos de gestión de residuos sólidos

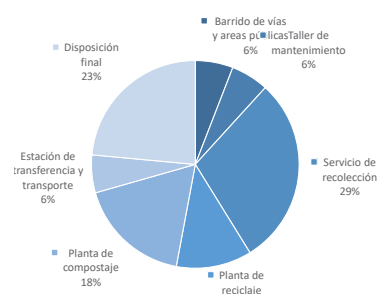


Fig. 3: Distribución de los costos de prestación del servicio

Costos por tonelada	
Costos de servicio de barrido/limpieza urbana por tonelada [\$\$\$/ton]	21
Recolección y transporte [\$\$\$/ton]	167
Disposición final [B\$/ton]	200
Compostaje [\$\$\$/ton]	600

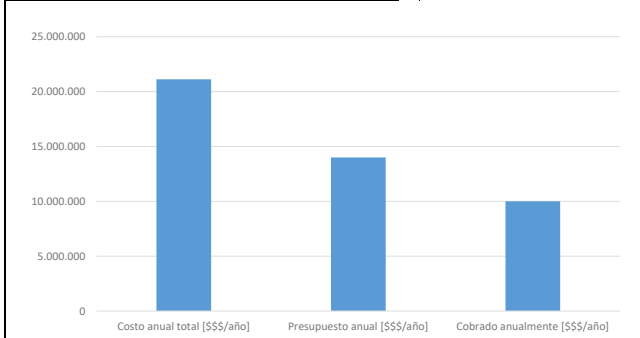


Fig. 4: Costos, presupuesto e ingresos anuales

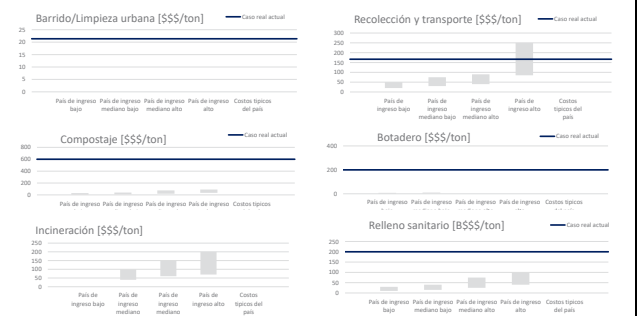


Fig. 5: Comparación de los costos actuales con los costos típicos de gestión de residuos para diferentes niveles de renta de los países

6. Parámetros avanzados

Dentro de la pestaña de cálculos "5) Cálculos", existen otros parámetros. Estos parámetros pueden ser modificados para un uso avanzado de la herramienta, pero no se requiere ingresar dato alguno en esta pestaña. Se puede ver directamente los resultados de los cálculos después de completar la pestaña "3) Parámetros _modelo". En este capítulo, se describen los parámetros (ver Figura 28).

En esta pestaña se presentan los cálculos realizados para los ocho escenarios. Aquí, se presentan los parámetros que podrían ser modificados para un uso avanzado de la herramienta. No se recomienda modificar los parámetros sin conocer muy bien los cálculos.

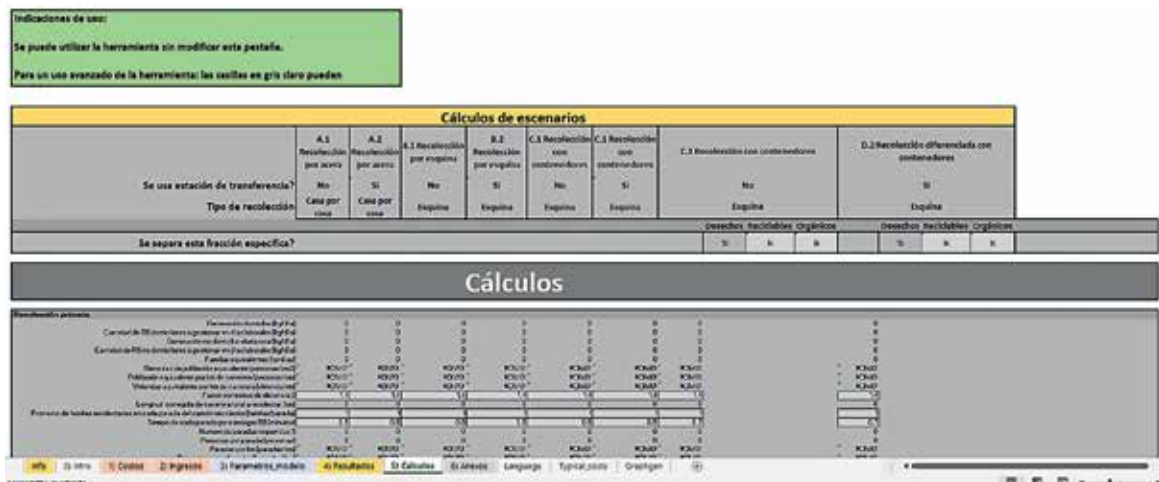
En orden de aparición de arriba para debajo de la pestaña es el siguiente:

- **Separación de fracción específica:** Permite indicar si se separa en tres, dos o una fracción los RS del escenario D. Si se indica que solo hay una fracción, los resultados son idénticos al escenario C.

Para la recolección primaria:

- **Factor correctivo de distancia:** Influye sobre la longitud total de carretera a recorrer. Es definido en 1.4 para el caso de recolección, casa

Figura 28
Pestaña «5) Cálculos»



por casa, cuando se trata de la recolección primaria, estimando que se recorre más distancia para lograr una recogida en cada punto.

- **Promedio de familias recolectadas por parada:** Es definido como 1 para una recolección primaria casa por casa.
- **Tiempo para paradas:** Se estima un tiempo de 0,5 minutos para las paradas en cada casa. Específicamente para el caso de recogida selectiva, se requieren 0,7 minutos para recolectar en varias fracciones.
- **Tasa de disponibilidad de equipo de recolección:** Se refiere al tiempo de trabajo efectivo, el resto del tiempo es descanso. Está definido en 90%.
- **Tasa de no-disponibilidad de vehículos de recolección primaria:** Porcentaje (%) de tiempo de seguridad para el uso de los camiones. Durante este tiempo el camión podría estar averiado o en mantenimiento de forma momentánea (se define en 5%).
- **Tasa de interés:** En caso de préstamo para la compra de vehículos, se aplica tasa de interés. El modelo considera un préstamo para las inversiones. Este préstamo se reembolsa dentro del tiempo de vida del equipo adquirido y está definido en 5%.

Para la recolección secundaria:

- **Promedio de familias recolectadas en cada parada:** Para el método de acera, se define en una familia en cada parada (casa por casa) y, para el caso de esquinas, son diez familias por parada, en promedio. En el caso de los contenedores, la cantidad de familias no se define sino se calcula por el modelo, tomando en cuenta la capacidad de los contenedores, las tasas de llenado y las frecuencias de recolección.
- **Factor correctivo de distancia:** Este influye sobre la longitud total de vía a recorrer. Está definido en 1,2 para el caso de recolección por acera y 1 para todos los otros casos. Para la recolección por acera, se estima que los camiones realizarán más maniobras y recorrerán una mayor distancia para recolectar de casa en casa.
- **El tiempo de cada parada:** Está relacionado, directamente, con la cantidad de familias recolectadas por parada. Se estima un tiempo de 0,25 minutos para recoger de una casa y de

1 minuto para recoger en las esquinas. En el caso de uso de contenedores, el tiempo para recoger un contenedor se estima en 1 minuto, igualmente.

- **Distancia máxima entre paradas:** Este parámetro se define únicamente para los escenarios con contenedores. Se trata de la distancia máxima que puede separar dos contenedores. Está definido en 400 m, lo que corresponde a una distancia máxima de 200 m a recorrer para la vivienda más lejana del punto de colecta.
- **Porcentaje de disponibilidad de equipo de recolección:** Se refiere al tiempo de trabajo efectivo (el resto del tiempo es descanso). Está definido en 90%. Corresponde a un tiempo de descanso (pagado) de 48 min para una jornada de 8 h laborales.
- **Tasa de no-disponibilidad de vehículos de recolección secundaria:** Porcentaje (%) de tiempo de seguridad para el uso de los camiones. En este tiempo el camión podría estar dañado o en mantenimiento o parado momentáneamente. Está definido en 5%.

Para transferencia de RS (cuando hay estación de transferencia):

- **Porcentaje de materia colectada de forma diferenciada que va a sitio de disposición final:** Este parámetro permite definir un porcentaje de reciclables u orgánicos que, una vez colectados de forma diferenciada, son directamente enviados a la estación de transferencia y luego al sitio de disposición final sin entrar a una planta de compostaje o reciclaje (el parámetro, aquí, está definido en 0%, pues todo lo colectado entra a plantas).
- **Tasa de disponibilidad de equipo de transferencia:** Se refiere al tiempo de trabajo efectivo (el resto del tiempo es descanso). Está definido en 90%. Corresponde a un tiempo de descanso (pagado) de 48 min para una jornada de 8 h laborales.
- **Tasa de no-disponibilidad de vehículos de transferencia:** Porcentaje (%) de tiempo de seguridad para el uso de los camiones. En este tiempo el camión podría estar dañado o en mantenimiento o parado momentáneamente. Está definido en 5%.

El servicio de barrido que se presta en una ciudad es muy importante por el costo que representa para los Operadores del Servicio de Aseo y por el aporte en la prevención de enfermedades y cuidado del medio ambiente.



Parámetros avanzados para el personal:

- **Cantidad de ayudantes por camión recolector:** Establecido en cuatro personas para los escenarios sin contenedores y en dos personas para los casos con contenedores.
- **Cantidad de ayudantes por camión de transferencia:** Definido en 0, pues no hay necesidad de ayudantes para los camiones de transferencia. Los trayectos los hace el conductor solo.
- **Cantidad de personal en estación de transferencia:** Dos personas se encuentran en la estación de transferencia para ayudar y monitorear el trabajo.

Otros parámetros para vehículos:

- **Tasa de interés:** En caso de préstamo para la compra de vehículos, se aplica una tasa de interés. El modelo considera que, si se realiza un préstamo para las inversiones, este préstamo se reembolsa dentro del tiempo de vida del objeto adquirido. La tasa de interés está definida en 5%.

Parámetros avanzados para planta de compostaje:

- **Factor de pérdida de masa por compostaje:** Se considera que la materia orgánica pierde 40% de su masa durante la degradación. El factor entonces es de 60%, logrando de esta forma el 100%.

Parámetros para costos administrativos, planificación y formación/educación/comunicación:

- **Los costos administrativos** corresponden al 10% de los costos del servicio de recolección y limpieza urbana.
- **Los costos de planificación y fiscalización** corresponden a 2% de los costos del servicio de recolección y limpieza urbana.
- **Los costos de formación, educación y comunicación** corresponden a 5% de los costos del servicio de recolección y limpieza urbana.

Parámetros avanzados para servicio de limpieza urbana:

- **Cantidad de empleadas/os por supervisor/a:** Cantidad de personas que pueden ser supervisadas por una sola persona supervisora. El parámetro es de 30.

7. Lectura de resultados

Le pestaña “5) Resultados” provee los resultados de desempeño, los costos e ingresos, así como los cuadros comparativos de los resultados de la modelización. En este capítulo se describen los resultados obtenidos y cómo interpretarlos (ver Figura 29).

La pestaña de resultados tiene cuatro partes principales:

- La fotografía del estado actual de la GRS junto con indicadores de eficiencia.
- El resumen de costos e ingresos, comparado con costos típicos en GRS por servicio.
- Los resultados de la modelización en tablas y la visualización de la modelización en gráficas.

7.1. Parte 1: fotografía del estado actual (ver Figura 30)

En la fotografía del estado actual de la GRS, podemos ver los datos base de la gestión de los residuos sólidos (Tabla 1). En la Tabla 2 se presentan los indicadores de eficiencia. Se visualizan en verde los RS gestionados y en rojo los que no se gestionan. La Figura 1 muestra una gráfica de esta gestión o no gestión en porcentajes del peso generado. La Tabla 3, por su parte, muestra la contribución del sector informal al servicio de gestión de los residuos sólidos.

La Tabla 2 puede ser complicada de entender, por lo que aquí se presenta en detalle el ejemplo anterior:

Figura 29
Pestaña «5) Resultados»

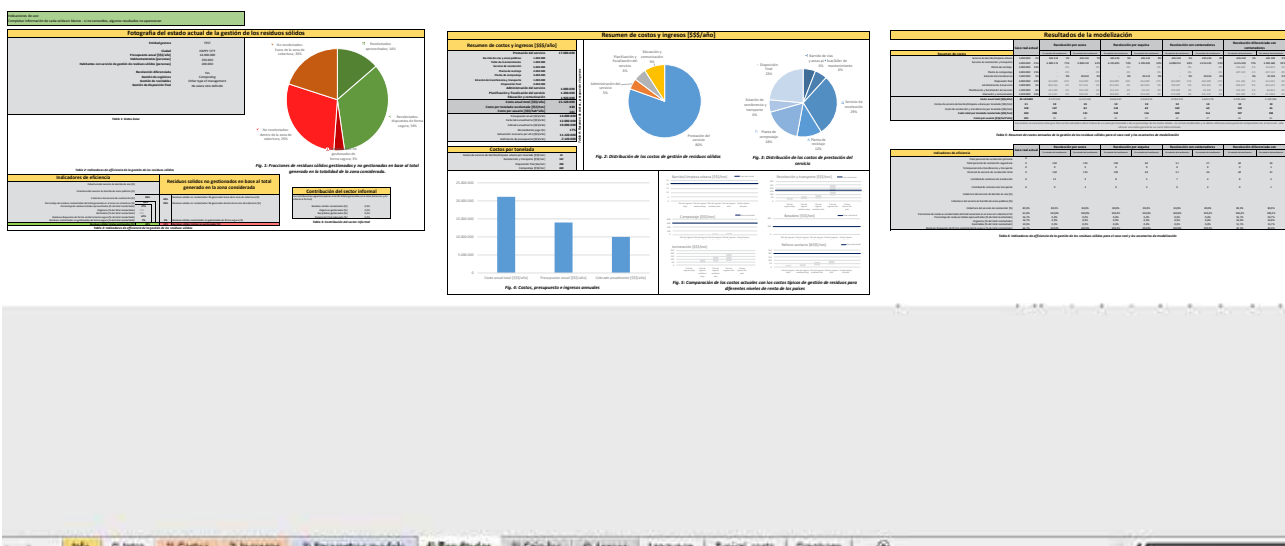
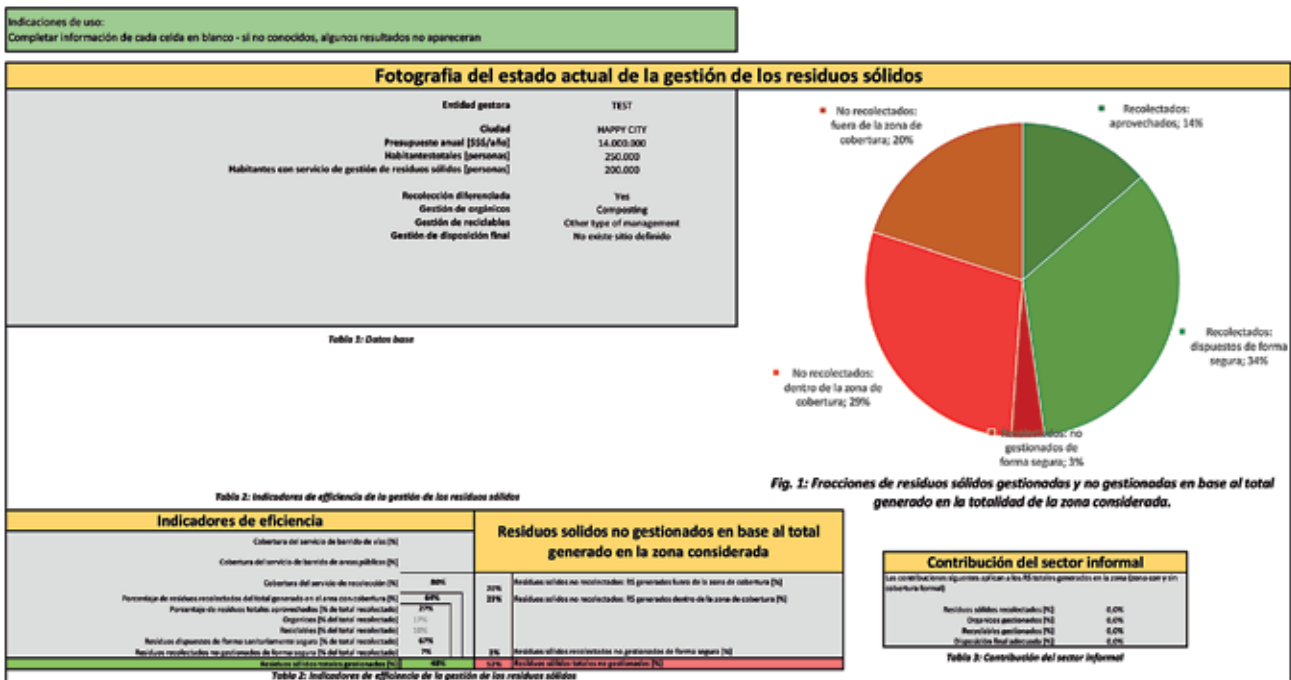


Figura 30
Fotografía del estado actual de la gestión de los residuos sólidos



- La cobertura de barrido y de limpieza de áreas públicas se basa en los datos que se ingresaron en la pestaña "0) Intro". Corresponden al porcentaje del total en la ciudad que sí tiene servicio.
- Cobertura del servicio: Este es el dato ingresado en la pestaña "3) Parámetros_modelo". Corresponde al porcentaje de la población de la ciudad que sí recibe el servicio de recolección (p. ej., el 80%).
- Porcentaje de residuos recolectados del total generado en el área de cobertura: Corresponde a lo que realmente se ha colectado en el área de cobertura. La herramienta calcula la generación de RS en el área de cobertura y lo compara con el monto indicado como recolectado en la pestaña "0) Intro". En este caso, solo se ha recolectado un 64%, lo que indica que, posiblemente, no se esté cubriendo realmente el 80% indicado de la población, sino un porcentaje menor, o que los datos no son confiables y correctos.
- Porcentaje de residuos aprovechados: Corresponde al porcentaje de residuos (orgánicos y reciclables) que son aprovechados del total recolectado en el área de cobertura. Se detalla el porcentaje tanto de residuos orgánicos como de reciclables.
- Residuos dispuestos de forma sanitariamente segura: Lo que se dispone en un sitio de disposición final controlado, en función del total recolectado.
- Residuos recolectados no gestionados de forma segura: Del total recolectado, se contabiliza todos los RS que no son ni aprovechados ni dispuestos de forma segura en el sitio de disposición final.
- Residuos sólidos totales gestionados: Presenta el porcentaje de residuos que son gestionados con relación a total generado en la ciudad.
- Residuos sólidos no recolectados: RS que son generados fuera de la zona de cobertura en base al total generado en la ciudad.
- Residuos sólidos no recolectados: RS que son generados dentro de la zona de cobertura, pero no recolectados y en base al total generado en la ciudad.
- Residuos sólidos recolectados no gestionados: RS que fueron recolectados, pero no son ni dispuestos de forma segura ni aprovechados en base al total generado en la ciudad.
- Residuos sólidos totales no gestionados: Presenta el porcentaje de residuos que no son gestionados con relación a total generado en la ciudad.



Cuando los datos utilizados para la estimación de costos no son fiables pueden surgir incoherencias en los cálculos, así como en los indicadores de eficiencia. Imagen de la recolección de basura en Monteagudo (Chuquisaca).

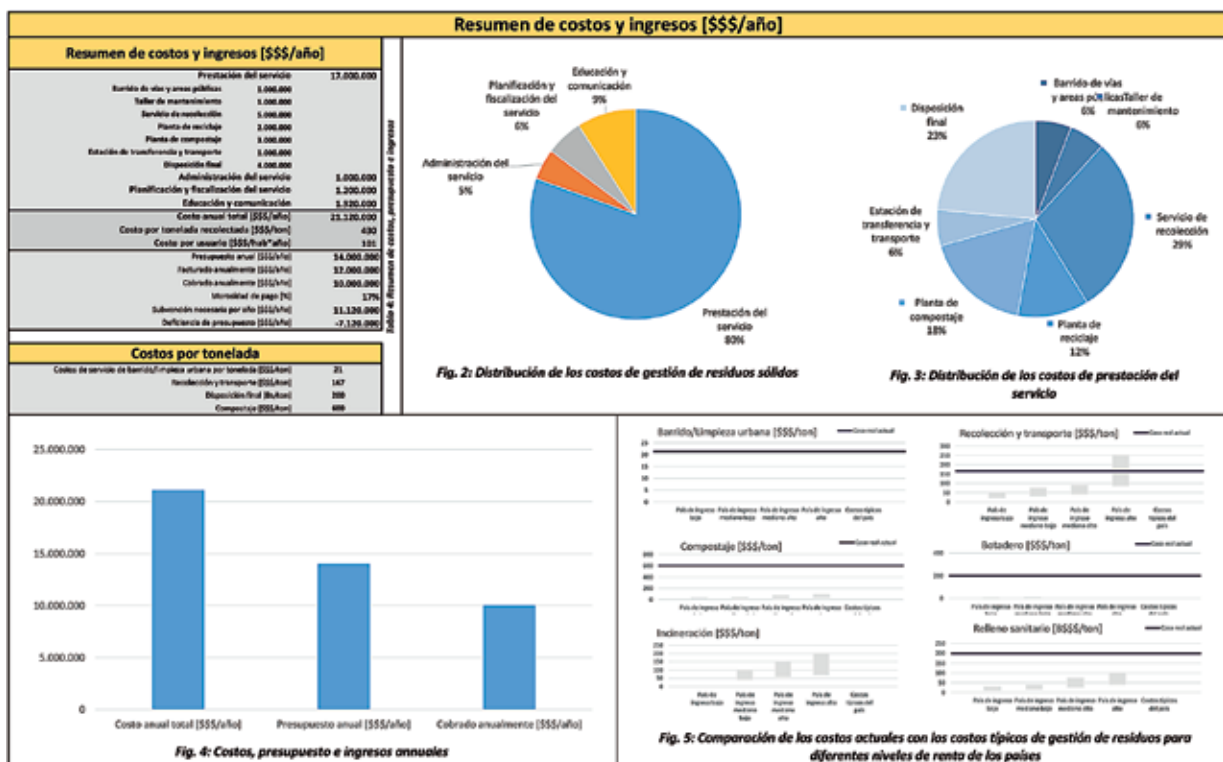
IMPORTANTE

Pueden existir incoherencias dentro de los indicadores de eficiencia. Esto sucede cuando los datos ingresados en la pestaña "0) Intro" no son consistentes con los cálculos basados en los datos de generación (habitantes, generación per cápita, % de cobertura) que se han ingresado en la pestaña "3) Parametros_modelo".

Se recomienda revisar y actualizar los datos con base al monitoreo y estudios recientes de los flujos de residuos sólidos en la zona del prestador del servicio y de la ciudad.

7.2. Parte 2: costos e ingresos

Figura 31
Resumen de costos e ingresos



En el resumen de costos e ingresos, se presentan los resultados en la Tabla 4 que muestra las estadísticas de los costos, el presupuesto y los ingresos. Las figuras 2 y 3 presentan la distribución de los costos del servicio y el detalle para la prestación del servicio de GRS. La Figura 4 compara los costos con el presupuesto y los ingresos anuales percibidos. Por último, la Figura 5 compara los costos actuales con los costos típicos de la gestión de residuos sólidos para diferentes niveles de renta de los países. El costo actual es representado por la barra azul horizontal y se compara con rangos de costos en gris.

Figura 32
Detalle de tabla de resultados de costos e ingresos

Resumen de costos y ingresos [\$\$\$ /año]	
Prestación del servicio 17 020 000	
Barrido de vías y áreas públicas	1 000 000
Taller de mantenimiento	1 000 000
Servicio de recolección	5 020 000
Planta de reciclaje	2 000 000
Planta de compostaje	3 000 000
Estación de transferencia y transporte	1 000 000
Disposición final	4 000 000
Administración del servicio 1 000 000	
Planificación y fiscalización del servicio 1 200 000	
Educación y comunicación 1 922 000	
Costo anual total [\$\$\$ /año] 21 142 000	
Costo por tonelada recolectada [\$\$\$ /ton] 452	
Costo por usuario [\$\$\$ /hab * año] 106	
Presupuesto anual [\$\$\$ /año]	14 000 000
Facturado anualmente [\$\$\$ /año]	12 000 000
Cobrado anualmente [\$\$\$ /año]	10 000 000
Morosidad de pago [%]	17%
Subvención necesaria por año [\$\$\$ /año]	11 142 000
Deficiencia de presupuesto [\$\$\$ /año]	-7 142 000
Costos por tonelada	
Costos de servicio de barrido/limpieza urbana por tonelada [\$\$\$ /ton]	21
Recolección y transporte [\$\$\$ /ton]	201
Botadero controlado [Bs /ton]	200
Compostaje [\$\$\$ /ton]	600

La primera parte de la tabla de resumen de costos e ingresos muestra los montos de costos reales para cada componente del servicio.

Presupuesto: Lo que se tiene previsto para el servicio de GRS.

Facturado: Lo que se solicita pagar por los usuarios y/o contratos.

Cobrado: Lo que realmente ingresa.

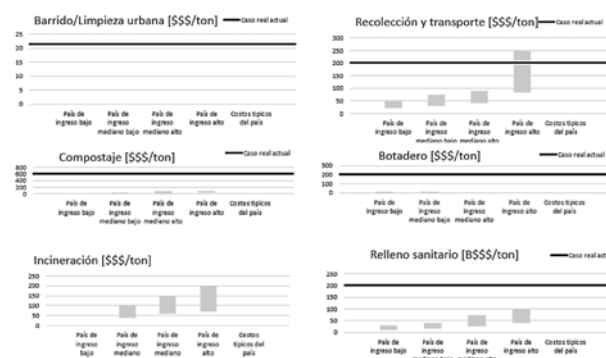
Morosidad: El porcentaje no pagado.

Subvención: La diferencia entre lo cobrado y el costo real.

Deficiencia: La diferencia entre lo presupuestado y el costo real.

Se presentan los costos por tonelada (t). Se consideran aquí las las t generadas en zona de cobertura calculadas por la herramienta tomando en cuenta: población, generación per cápita y cobertura.

Figura 33
Detalle de la comparación de costos con costos típicos



Comparación de los costos actuales con los costos típicos de gestión de residuos para diferentes niveles de renta de los países

Este resultado permite tener un indicador sobre nuestro nivel de costos comparándolo con costos típicos en países con ingresos similares. También se compara con costos de nuestro país si estos fueron informados en la pestaña "O) Intro", donde corresponde.

En este ejemplo, los costos de recolección y transporte se encuentran en el rango alto de los costos en un país de altos ingresos. Si nos encontramos en un país de bajos ingresos, se puede concluir que los costos de recolección y transporte que tenemos son probablemente demasiado elevados y podrían reducirse.

7.3. Parte 3: resultados de la modelización (ver Figura 34)

La Tabla 5 presenta los resultados tanto de los costos reales como de los calculados por el modelo para los

IMPORTANTE

El costo por usuario se calcula dividiendo el costo total por la población servida. Tomar nota que no necesariamente corresponde a lo que se tiene que cobrar por persona porque no se contabilizan dentro de la división los usuarios no domiciliarios. Este dato solamente da una indicación superior del costo por habitante.

ocho escenarios que se consideran. La Tabla 6 presenta los indicadores de eficiencia correspondientes. Se pueden ver las cantidades de personal estimados por el modelo, la cantidad de camiones y los indicadores de porcentaje de RS recolectados, aprovechados o dispuestos de forma segura. Se debe considerar que el modelo se basa en la generación de RS en el área de cobertura y modeliza la recolección de la totalidad de los RS generados, lo que no necesariamente aplica para el caso real, como lo vimos en la primera parte de la presentación de los resultados (Tabla 2 de los resultados) (ver Figura 35).

La Figura 6 de los resultados presenta los costos de la recolección y transporte reales y de cada escenario de la modelización. Se pueden visualizar los costos para cada una de las categorías principales del servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos. Adicionalmente, se puede leer

el costo total por tonelada recolectada. Se pueden observar diferencias en los costos entre los distintos escenarios. En este ejemplo particular, se puede ver que los costos son mucho menores con la implementación de una estación de transferencia, para todos los tipos de recolección. Esto indica que una estación de transferencia es probablemente adaptada a esta ciudad. Se puede también ver el costo por tonelada, aunque aquí hay que considerar que el cálculo se hizo en base al total generado en la zona de cobertura. Sin embargo, esto es relevante particularmente para el caso real porque es probable que no se colecte la totalidad de lo generado en la zona de cobertura, lo que hace que el costo por tonelada que se muestra aquí sea menor de lo real. Se puede consultar la Tabla 2 de los resultados para verificar qué fracción se colecta del total generado en la zona de cobertura (ver Figura 36).

Figura 34
Tablas de resultados de la modelización

Resultados de la modelización										
Resumen de costos	Caso real actual	Recolección por acera		Recolección por esquina		Recolección con contenedores		Recolección diferenciada con contenedores		
		En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	
Servicio de bandeduación urbana	1 000 000 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	445 244 \$/año	
Servicio de recolección y transporte	5 000 000 \$/año	6 883 576 \$/año	3 800 280 \$/año	6 235 905 \$/año	3 205 885 \$/año	6 088 982 \$/año	3 223 345 \$/año	6 521 403 \$/año	3 004 660 \$/año	
Planta de reciclaje	2 000 000 \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	859 829 \$/año	859 829 \$/año	
Planta de compostaje	3 000 000 \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	- \$/año	387 539 \$/año	387 539 \$/año	
Estación de transferencia	1 000 000 \$/año	- \$/año	20 024 \$/año	- \$/año	20 024 \$/año	- \$/año	20 024 \$/año	- \$/año	20 024 \$/año	
Disposición final	4 900 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	436 000 \$/año	
Administración del servicio	1 800 000 \$/año	244 320 \$/año	257 440 \$/año	244 320 \$/año	257 440 \$/año	244 320 \$/año	257 440 \$/año	244 320 \$/año	257 440 \$/año	
Planificación y fiscalización del servicio	1 200 000 \$/año	385 296 \$/año	394 280 \$/año	385 296 \$/año	394 280 \$/año	385 296 \$/año	394 280 \$/año	385 296 \$/año	394 280 \$/año	
Educación y comunicación	1 320 000 \$/año	417 341 \$/año	267 474 \$/año	389 852 \$/año	239 259 \$/año	377 509 \$/año	232 239 \$/año	387 805 \$/año	207 669 \$/año	
Costo anual total (\$/año)	20 120 000	8 727 453	8 331 556	8 365 267	8 422 619	8 752 374	8 443 578	9 225 444	8 858 868	
Costos de servicio de bandeduación urbana por tonelada (\$/ton)	21	10	10	10	10	10	10	10	10	
Costo de recolección y transferencia por tonelada (\$/ton)	128	147	82	133	69	130	69	139	65	
Costo total por tonelada recolectada (\$/ton)	430	298	131	192	196	188	196	197	109	
Costo por usuario (\$/hab/año)	181	43	33	43	27	44	27	43	26	

Los valores en cursiva de color gris claro se han calculado sobre la base de un costo por tonelada o de un porcentaje de los costos totales - no se han modelizado y no deben utilizarse como punto de comparación con el caso real - sólo ofrecen una visión general de un costo total estimado

Tabla 5: Resumen de costos anuales de la gestión de los residuos sólidos para el caso real y los escenarios de modelización

Indicadores de eficiencia	Caso real actual	Recolección por acera		Recolección por esquina		Recolección con contenedores		Recolección diferenciada con contenedores	
		En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia	En unidades de transferencia
Total personal de recolección primaria	0	150	100	100	60	51	27	60	36
Total personal de recolección secundaria	0	0	3	0	3	0	9	0	5
Total personal de transferencia y transporte	0	150	103	100	63	51	36	60	41
Personal de servicio de recolección total	0	12	9	8	5	7	4	8	5
Cantidad de camiones de recolección	0	0	3	0	3	0	3	0	1
Cantidad de camiones de transporte	0	0	3	0	3	0	3	0	1
Cobertura del servicio de bandeduación de vías [%]									
Cobertura del servicio de bandeduación de áreas públicas [%]									
Cobertura del servicio de recolección [%]	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%
Porcentaje de residuos recolectados del total generado en el área con cobertura [%]	63,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Porcentaje de residuos totales aprovechados [% de total recolectado]	26,7%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	58,7%	58,7%
Orgánicos [% del total recolectado]	16,7%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	44,0%	44,0%
Reciclables [% del total recolectado]	10,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	15,7%	15,7%
Residuos dispuestos de forma ambientalmente segura [% de total recolectado]	66,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	48,3%	48,3%

Tabla 6: Indicadores de eficiencia de la gestión de los residuos sólidos para el caso real y los escenarios de modelización

IMPORTANTE

No se debe hacer una comparación directa entre los costos reales y los costos del modelo en esta etapa. El modelo únicamente se concentra en modelizar la recolección y el transporte, pero los costos totales obedecen a cálculos simplificados y son solamente indicativos. Si se quieren comparar costos reales, se sugiere usar la Figura 5 de los resultados. El modelo da una indicación sobre los costos que implican distintas formas de recolección.

Figura 35
De los resultados, costos de recolección y transporte, modelizados y reales

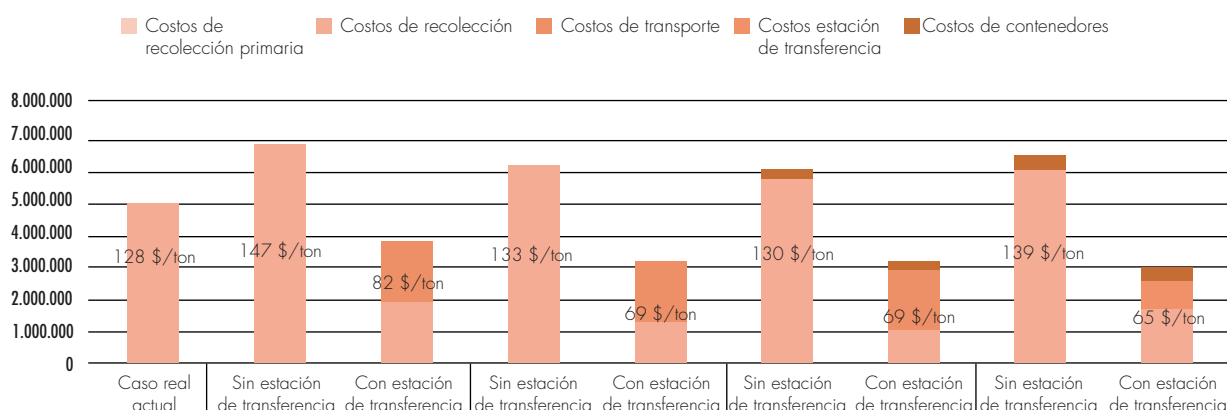
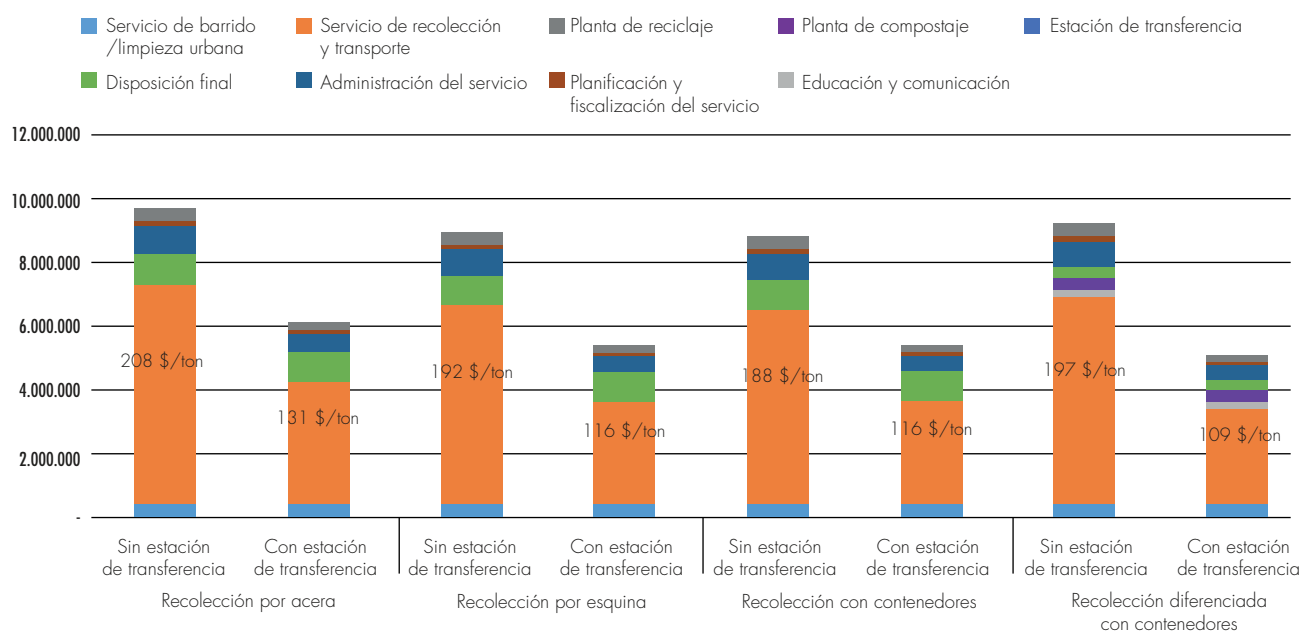


Figura 36
De los resultados, costos totales modelizados



La Figura 7 de los resultados presenta una indicación de costos totales del servicio de GRS para todos los escenarios. Hay que recordar que varios costos son establecidos en base a montos por tonelada o porcentajes de otros costos. Esto se define en la pestaña "3) Parámetros_modelo". Por lo tanto, este resultado depende, en gran medida, de esos costos y se debe de tener esto en mente al momento de analizarlos. En cualquier caso, la intención es dar una indicación al usuario sobre el costo total que el servicio cuesta en función del sistema de recolección utilizado. Lo más interesante aquí es el caso de recolección por contenedores diferenciados: se puede ver que los costos de disposición final son menores pero que existen otros costos, como los de

compostaje y reciclaje, para gestionar los materiales valorizables (ver Figura 37).

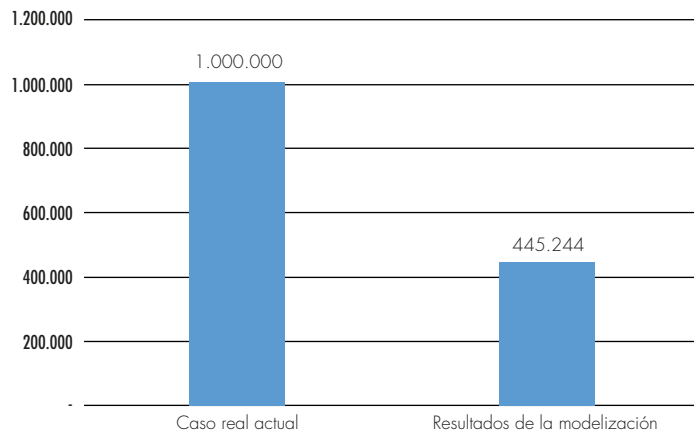
La Figura 8 de los resultados muestra los costos de barrido o limpieza urbana del caso real comparado con lo modelizado. El resultado obtenido por la modelización depende, en gran medida, de los datos ingresados en la pestaña "3) Parámetros_modelo". Los usuarios de la herramienta tienen la responsabilidad de ingresar lo que quieren modelizar de forma precisa. El resultado puede informar sobre costos demasiado altos para este servicio o indicar que no se está invirtiendo lo necesario para darle servicio al área prevista.

Como resultados anexos, se encuentra la pestaña "6) Anexos". En esta se encuentran varios indicadores

de eficiencia y otros resultados de cálculos que pueden ser útiles para analizar en detalle los resultados de costos presentados en la pestaña "4) Resultados". Sin embargo, no son indispensables y se puede úni-

camente analizar y comparar costos e indicadores de eficiencia principales. Se recomienda ingresar en los anexos únicamente a utilizadores expertos que entienden bien la construcción de los cálculos del modelo.

Figura 37
De los resultados, costos de barrido



8. Limitaciones

Esta herramienta permite ingresar y visualizar costos e ingresos reales del servicio de gestión de residuos sólidos. Adicionalmente, puede calcular indicadores de eficiencia para ofrecer una fotografía del estado actual de la gestión de los residuos sólidos. No obstante, es responsabilidad del usuario de la herramienta verificar que los datos que se han ingresado sean los correctos. El análisis debe ser crítico en caso de incongruencias eventuales que demanden revisar si pudo haber algún error al registrar de los datos, en algún cálculo, o si los datos son incorrectos por alguna razón.

Para la modelización de los escenarios, la herramienta no permite tomar una decisión directa

sobre la mejor forma de gestionar la recolección de los residuos sólidos ni indicar de forma detallada cómo realizarlo. Esta herramienta permite comparar opciones generales que pueden orientar las discusiones y planificaciones a futuro. Es importante tener una visión crítica sobre los resultados obtenidos y analizarlos debidamente antes de cualquier toma de decisión.

Adicionalmente, la herramienta solamente da una indicación en términos de capacidad necesaria (p. ej., personal, vehículos), puesto que la capacidad exacta necesaria debe de ser planificada a detalle con otras herramientas de trabajo.

La herramienta de modelización de costos permite comparar opciones y orientar decisiones para la gestión pública de los residuos sólidos. Imagen de la instalación de puntos de reciclaje en Villazón (Potosí).



9. Conclusiones

En la primera parte, a través del ingreso de datos del servicio de gestión de los residuos sólidos, esta herramienta permite la visualización sencilla del estado actual de la gestión de residuos sólidos en términos financieros y de eficiencia. Con mejor claridad sobre la situación actual real, se puede entonces analizar dónde están las deficiencias y cuáles son las mejoras que se pueden realizar para disminuir costos, aumentar ingresos y mejorar el servicio.

En la segunda parte, la herramienta modeliza ocho escenarios de recolección de los residuos sólidos y estima los costos totales de la gestión de los residuos sólidos municipales. Esta modelización permite realizar un análisis comparativo de los costos reales con escenarios posibles de gestión. A través de estos resultados comparativos, se espera poder ayudar en la identificación de posibles deficiencias, mejorar la eficiencia y reducir los costos del servicio de gestión de residuos sólidos.



EMAVI 06

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE VILLAPAZO

IVECO

SCORZA

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE VILLAPAZO



E.M.A.V.I.





HELVETAS Swiss Intercooperation - Bolivia
Calle Gabriel René Moreno N° 1367
Edificio Taipi Piso 2
Urbanización San Miguel, Bloque H. Zona Calacoto
Telef./Fax (+591) 2 2794487 - 2 790826 - 2 772716
Casilla 2518
La Paz, Bolivia

bolivia@helvetas.org
secretaria.bolivia@helvetas.org
www.helvetas.org/es/bolivia

 @Helvetas.bo
 @HelvetasBolivia
 Helvetas Bolivia
 helvetas_bolivia
 helvetas-bolivia

 **HELVETAS**
BOLIVIA

AGUATUYA 
Ingeniería + Gestión

eawag
aquatic research **ooo**