

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

MODELADO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

Prato, Eugenio – LU 120345

Ingeniería en Informática

Viñuela, Sebastián Jorge – LU 130238

Ingeniería en Informática

Tutor:

Maimbil, Edgard Hernán, UADE

Co-tutor:

Romera, Nahuel Hernán, USAL

Noviembre 3, 2014



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Contenidos

1. Resumen.....	5
2. Abstract.....	7
3. Metodología	8
4. Desarrollo.....	8
5. Sección I - Introducción.....	10
5.1 Información del Proyecto	10
5.2 Diagnóstico de la Problemática	10
5.2.1 Objetivo.....	10
5.2.2 Límites y alcances	10
5.2.3 Aportes de la investigación	11
5.2.4 Entregables	11
5.2.5 Especificaciones adicionales.....	11
5.2.6 Organización del Proyecto	11
6. Sección II – Relevamiento y análisis de datos.....	12
6.1 Metodología de Relevamiento	12
6.2 Relevamiento y análisis de datos	12
6.2.1 Definición de RSU	12
6.2.2 Circuito de los RSU	13
6.2.3 Generación	15
6.2.4 Proyección de evolución en RSU.....	17
6.2.5 Relación generación – poder adquisitivo	22
6.2.6 Composición	25
6.2.6 Ley de Basura Cero.....	33
6.2.7 Metas de reducción progresiva	33
6.2.8 Empresas recolectoras.....	35
6.2.9 Situación de recolección	38
6.2.10 Presupuesto	38
6.2.10.1 Gastos	38
6.2.10.2 Ingresos	41
6.2.11 Percepción de la limpieza en CABA según sus habitantes.....	42

7. Sección III - Modelado y Simulación de sistemas dinámicos.	44
7.1 Construcción de un modelo dinámico	46
7.2 Metodología para la observación de los modos de comportamiento del sistema.....	47
7.2.1 Delimitación de problemas	47
7.2.2 Definición del Sistema	48
7.3 Comenzando el modelado.....	48
7.3.1 Diagrama Causal o Diagrama de Influencia	48
7.3.1.1 Estructuras	49
7.3.1.2 Bucles de Realimentación Positiva o de Refuerzo	49
7.3.1.3 Bucles de Realimentación Negativa o de Equilibrio.....	50
7.3.1.4 Tiempo en los Bucles de Realimentación	50
7.3.1.5 Representación de Estructuras de Realimentación.....	50
7.3.1.6 Elemento limitativo de un modelo	51
7.3.1.7 Elemento Clave de un Modelo	51
7.3.2 Diagrama de Forrester.....	52
7.3.2.1 Elementos del Diagrama de Forrester	53
7.3.2.2 Simulación del comportamiento del modelo.....	53
7.3.2.3 Comportamiento dinámico del modelo	54
7.3.2.4 Realizar el análisis del sistema, analizar los resultados.	55
8. Sección IV - Construcción del modelo.	56
8.1 Diagramas de influencias.....	57
8.2 Diagrama de Forrester	60
8.2.1 Explicación integral del modelo	66
8.2.2 Módulos componentes del diagrama de Forrester	66
8.2.2.1 Módulo de Generación	67
8.2.2.2 Módulo de Recolección.....	68
8.2.2.3 Módulo de Gastos y Contaminación	69
8.2.2.4 Modulo de Reciclaje.....	70
8.3 Vista de resultados	71
9. Sección V – Resultados Obtenidos	72
9.1 Escenario 1: políticas y niveles actuales de reciclaje	73
9.2 Escenario 2: aumento moderado en capacidad de reciclaje (más efectividad).....	76
9.3 Escenario 3: aumento elevado en capacidad de reciclaje	79
9.4 Escenario 4: aumento ideal en capacidad de reciclaje.....	82
9.5 Escenario 5: aumento ideal en capacidad de reciclaje con amplia participación del Gobierno de CABA	85
9.6 Escenario 6: optimización máxima de reciclaje y estaciones de transferencia.	88

9.7 Comparaciones entre escenarios actual e ideal.....	91
10. Sección VI - Conclusiones.....	95
11. Bibliografía.....	97
Anexo A: Ley Basura Cero	100
Anexo B: Script de MATLAB para estimación futura de generación de RSU	112
Anexo C: Ecuaciones de las variables del modelo.....	114

1. Resumen

En el territorio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se generan aproximadamente 6.000 toneladas diarias de residuos. Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado por el INDEC 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Censo) reside en la ciudad una población cercana a los tres millones de habitantes significando una producción de más de un kilogramo diario de desechos por habitante.

Para que el ambiente en el que vivimos sea habitable, es necesaria una correcta gestión de los residuos, englobando el sistema completo: generación y recolección, tratamiento, y disposición final de RSU.

En enero del año 2003 en la ciudad de Buenos Aires, a través de la Ley 992, se legalizó la recolección de residuos urbanos mediante recuperadores que efectúan una recolección selectiva. Actualmente el sistema de recolección de la ciudad es entendido como un sistema mixto.

Por un lado, se encuentra el sistema formal, a través del cual las empresas prestatarias del servicio de higiene urbana realizan los recorridos recolectando los desechos depositados en las calles y veredas para luego trasladarlos hacia su disposición final.

Por otro lado, hay un circuito informal conformado por los citados recuperadores urbanos que realizan una recolección selectiva, con el objeto de obtener materias susceptibles, previo tratamiento, de nuevos usos (reciclado).

A su vez también existen diversas maneras propuestas por el gobierno de la ciudad para la recolección de reciclables, como ser contenedores diferenciados que complementan el trabajo de los recuperadores urbanos.

El instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires luego de una evaluación del mercado de materiales de la Argentina, determinó que los considerados como potencialmente reciclables son los siguientes materiales: Papeles y Cartones (Diarios y Revistas, Papel de Oficina, Cartón); Plásticos (PET, PEAD y PEBD); Vidrio (Verde, Ámbar y Blanco) y Metales (Latas de Aluminio y Metales Ferrosos). Todos ellos representan un 30% del total generado.

También, los residuos orgánicos son aprovechables por medio de otros métodos, lo que hace que prácticamente la totalidad de los RSU generados sean reciclables o tratables.

El gobierno de la Ciudad de Buenos Aires promueve campañas para la concientización ecológica basadas en la separación en origen de de los Residuos Sólidos Urbanos.

Cada uno de los tópicos mencionados permiten evaluar decisiones con el fin de optimizar el Sistema de Gestión de RSU de manera integral y en consecuencia resolver diferentes problemáticas: la cuestión social, el cuidado del medio ambiente y la limpieza en la ciudad.

A los efectos de evidenciar los comportamientos resultantes, se cuenta con un modelo construido con VenSim PLE (software de dinámica de sistemas) que permite la modificación en tiempo real de parámetros para verificar y evidenciar los cambios en el sistema.

Palabras Clave: Residuos Sólidos Urbanos – Generación – Reciclado – Reducción – Dinámica de Sistemas – Realimentación – Recolección – Sistema dinámico – Comportamiento – Contaminación – Empresas de Recolección – Relleno sanitario.

2. Abstract

Six thousand tons of solid urban wastes are generated within the Autonomous City of Buenos Aires every day. According to the 2010 National Census of Population and Housing 2010 conducted by INDEC (National Institute of Statistics and Census) there are 2.890.151 inhabitants in the city, who produce more than one kilogram of SDW each, daily.

The urban environmental sustainability of a city is impossible without proper management of waste (liquid, solid and gaseous). This ranges from the generation management to disposal of waste generated by residents (domestic) and / or commercial activities, production and service.

In January 2003 in Buenos Aires city, through law 992 it was legalized the selective harvesting by urban waste recuperators. This defines the waste recollection system of the city as a mixed system.

On one hand, there is a formal system in which corporate hygiene services collect the waste deposited in the streets and sidewalks and then transfer them to their final disposal.

Furthermore, there is a circuit formed by casual urban garbage recuperators performing selective harvesting of potentially recyclable materials.

The Institute for Sanitary Engineering of the University of Buenos Aires Engineering College, after analyzing waste samples of Argentina, determined that the following materials are considered potentially recyclable: Paper and Cardboard (newspapers and magazines, office paper, cardboard) Plastics (PET, HDPE and LDPE) Glass (Green, Amber and White) and metals (aluminum cans and ferrous metals). This means 30% of total waste generation.

Furthermore, as all the organic waste generated also is able to be treated, this makes practically the whole amount of solid urban waste able to be treated or recycled.

The Buenos Aires City Government promotes ecological awareness campaigns that support source separation of municipal solid waste. This and each of the above topics are used to take decisions in order to optimize the treatment system and thus comprehensively solve different problems: social issues, environmental care and cleanliness in the city.

In order to demonstrate the resulting behaviors, there is a model built on VenSim PLE software, which permits ongoing modification of parameters in order to verify changes on the system.

3. Metodología

En el presente trabajo se modelará el Sistema de Generación y Recolección de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para ello, se relevará la situación actual, recolectando datos estadísticos de organismos de gobierno y empresas concesionarias, contratos, y estudios socioeconómicos que vinculen el comportamiento de los ciudadanos con la generación de RSU.

La metodología de trabajo consistirá en identificar el problema, definir el alcance del mismo, identificar las hipótesis y subsistemas dinámicos. Luego, se procederá a modelar el sistema, parametrizar el modelo, confrontarlo con la realidad y ajustar el mismo en los casos correspondientes.

Específicamente para la temática a tratar, relevaremos datos del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA), del CEAMSE, junto con estudios académicos de diversos claustros y entidades. Se modelará el sistema de generación y recolección de RSU de CABA, contemplando el volumen diario de RSU generado en la Ciudad, las medidas de reducción de esa generación (la separación en origen y reciclaje) y como impactan estas en los costos de mitigación de la contaminación y disposición final.

Luego de la validación del modelo, se ensayarán diferentes escenarios para evaluar el comportamiento del sistema y encontrar las combinaciones óptimas para la mejora del mismo.

4. Desarrollo

- Sección 1, “Introducción”: se trata de toda la información básica del proyecto para comprenderlo en su totalidad, detallando metodologías, software, límites, objetivos, alcance, restricciones, la solución propuesta por el equipo de trabajo, y las características generales del producto final.
- Sección 2, “Relevamiento y análisis de los datos”: se mostrará el relevamiento de los datos requeridos y su correspondiente análisis.
- Sección 3, “Modelado y simulación de sistemas dinámicos”: es una explicación de los fundamentos y metodología de la disciplina de modelado de sistemas dinámicos.
- Sección 4, “Construcción del modelo”: se trata de un detalle de la construcción del modelo, el “paso a paso” con las correspondientes explicaciones de sus elementos y módulos.

- Sección 5, “Resultados Obtenidos”: corresponde a las salidas valores obtenidos con las diferentes corridas del modelo.
- Sección 6: "Conclusiones": aquí se detallan las conclusiones a las que arribamos observando los resultados y todo el trabajo íntegramente.

5. Sección I - Introducción

5.1 Información del Proyecto

Nombre del Proyecto: Proyecto Final de Ingeniería en Informática

Nombre del Producto: “Modelo del Sistema de Generación y Recolección de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires”

Fecha de Inicio: 15 de Diciembre de 2011

Fecha de aprobación de la propuesta: 18 de Mayo de 2012

Fecha de entrega de documentación: 3 de Noviembre de 2014

Fecha de exposición oral: 18 de Diciembre de 2014

5.2 Diagnóstico de la Problemática

5.2.1 Objetivo

El objetivo central de nuestro modelo es demostrar los resultados positivos que causa el aumento en la separación en origen y reciclaje de RSU, en cuanto a la reducción en los envíos a disposición final; así como también la disminución de costos por mitigación de contaminación.

Se demostrará directamente los impactos con el fin de tomar conciencia de las verdaderas dimensiones del problema, y de esta manera mejorar el sistema y la calidad de vida de los ciudadanos.

5.2.2 Límites y alcances

- El modelo tiene como fronteras la separación en origen de los RSU, la recolección por parte de los camiones concesionarios, y el transporte de los mismos hacia las estaciones de transferencia
- El sistema se centraliza en la generación y recolección de RSU en el área geográfica de CABA.
- Se “reducirá” conceptualmente el proceso de reciclaje, solamente manejando los porcentajes totales sin diferenciar entre recolectores urbanos o empresas involucradas.

Esto se hace con la finalidad de simplificar el sistema y focalizarse solo en los conceptos de generación, reducción y reciclaje.

- Una vez los residuos son recolectados y transportados hacia las estaciones de transferencia, actuarán en adelante los otros subsistemas del sistema integral de residuos de CABA.

5.2.3 Aportes de la investigación

El principal aporte de nuestra investigación, será el desarrollo de una solución que permita reflejar la relación existente entre la generación y recolección de residuos, el reciclaje y el impacto económico, permitiendo al GCBA tener una mayor cantidad de herramientas para la toma de decisiones futuras. De esta manera, se podrán ensayar diferentes comportamientos según los parámetros propuestos en el modelo y así cubrir un mayor rango de situaciones.

5.2.4 Entregables

- Documento del Proyecto final de Ingeniería en Informática.
- Modelo en versión final.

5.2.5 Especificaciones adicionales

Software utilizado para realizar todo el proyecto:

- MATLAB 2012a
- Microsoft Word 2010
- Microsoft Excel 2010
- Microsoft PowerPoint 2010
- Vensim PLE / PLE PLUS

5.2.6 Organización del Proyecto

Participantes: Eugenio Prato, Sebastian Jorge Viñuela

Tutor: Edgard Hernán Maimbil

Asesor: Nahuel Hernán Secundino Romera

6. Sección II – Relevamiento y análisis de datos

6.1 Metodología de Relevamiento

En este apartado, describiremos como se realizó la etapa de relevamiento y los resultados obtenidos de la misma.

El relevamiento fue realizado de varias maneras: tanto por la búsqueda de bibliografía en diferentes bibliotecas, como por las consultas a la biblioteca del CEAMSE y las consultas a varias fuentes en Internet.

En el caso de las consultas a la biblioteca del CEAMSE, prácticamente no recibimos información valiosa, por lo que debimos encarar la búsqueda por nuestros propios medios consultando el resto de las fuentes descriptas.

La búsqueda se ordenó de la siguiente manera: se comenzó por averiguar sobre el núcleo de nuestra investigación, que son los RSU. A continuación se comenzarán a describir la composición de los mismos, así como los volúmenes de generación de años pasados. Como ya sabemos, la generación de RSU será el dato central del cual nuestro modelo se alimentará, así que este concepto se analizará con especial profundidad.

Por otra parte, se mostrará información sobre la recolección de los RSU en CABA. Esto es, sobre como CABA divide el servicio de recolección en zonas geográficas, qué empresas concesionarias y propias de CABA actúan en las mismas, qué medios se utilizan para la recolección, el volumen recolectado, los circuitos de los camiones, entre otros datos importantes a considerar.

También se hará hincapié en costos, gastos de GCBA, así como la percepción de los ciudadanos en la cuestión de los RSU y la limpieza.

Así como se analizarán e investigarán estos aspectos, también se mostrará un punto clave del sistema de generación y recolección de RSU en CABA, que es la separación en origen de los RSU generados. Cómo es que los residuos se separan, y cómo impacta esto en la generación final y reciclado.

6.2 Relevamiento y análisis de datos

6.2.1 Definición de RSU

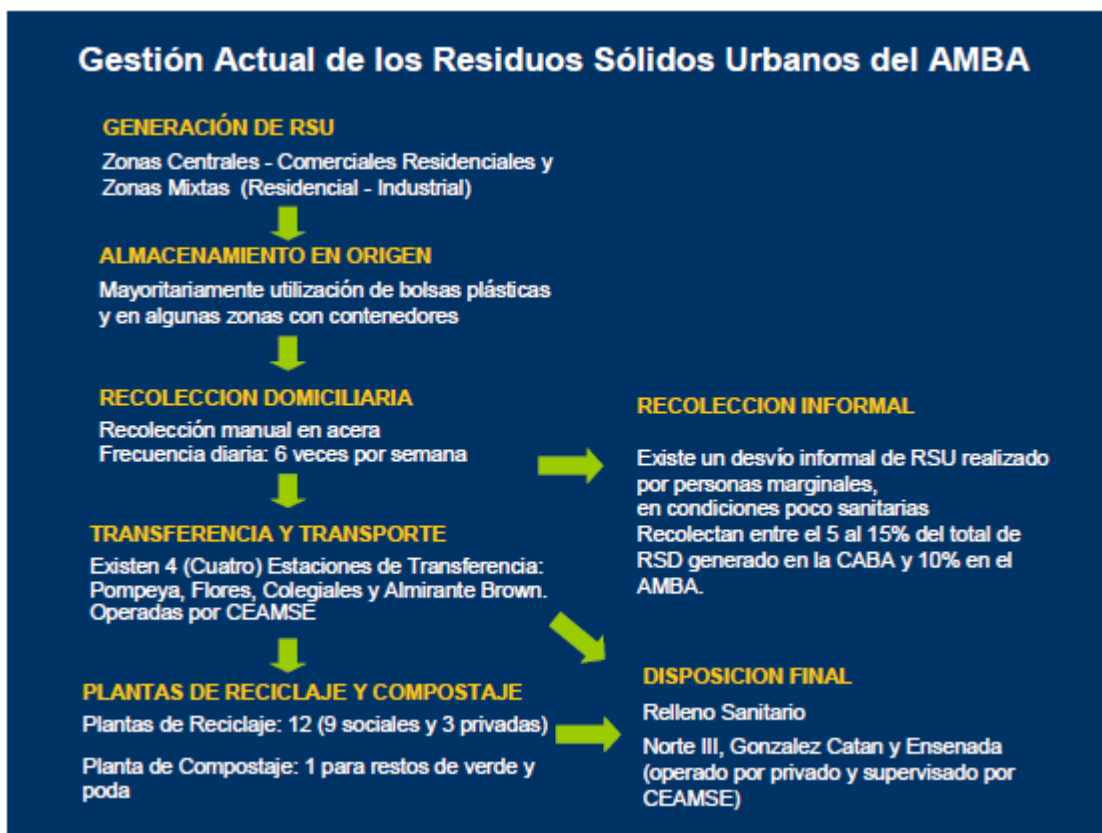
Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los que se generan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos. Con el advenimiento de los avances tecnológicos y el progreso en general, se ha creado una cultura de “usar y desechar”, lo que dio lugar a un crecimiento del volumen generado a lo largo de los años.

Nuestro trabajo se concentrará en la etapa de generación y recolección de los residuos, es decir, desde que se producen en los hogares y comercios, hasta que son recolectados por los camiones y depositados en las estaciones de transferencia de CEAMSE.

6.2.2 Circuito de los RSU

En la siguiente imagen se detallará un diagrama del sistema completo de gestión de RSU en CABA:

Figura 1: Diagrama del sistema de RSU de CABA



En un comienzo, el sistema no era de la manera descripta anteriormente. Hasta hace algunos años no existían las estaciones de transferencia y los camiones debían disponer los residuos directamente en los rellenos sanitarios. La razón principal era que éstos se encontraban relativamente cerca de los recorridos de los camiones recolectores, pero a medida que pasaba el tiempo, los ciudadanos querían cada vez más alejados los rellenos (*concepción americana en una situación similar: “NIMBY: Not In My Back Yard” – “no en mi patio trasero”*). Encontrándose más alejados los rellenos, implicaba que se gastara más en transporte, por lo que se buscó una solución: se implementaron las estaciones de transferencia. En ellas, los camiones de recolección descargan su contenido, de manera más ágil y rápida, y sobre todo mas económica.

Las estaciones de transferencia actuales en CABA son (se mencionará también su capacidad):

- Pompeya: 2100 toneladas de residuos diarios.
- Flores: 2000 toneladas de residuos diarios.
- Colegiales: 1750 toneladas de residuos diarios.
- Zabaleta: 500 toneladas de residuos diarios.

Un total de 6350 toneladas de residuos diarios pueden soportar entre todas las estaciones de transferencia.

Una vez en las estaciones de transferencia, los residuos son distribuidos en camiones más grandes, de capacidad superior a los recolectores, que llevarán definitivamente los residuos a disposición final.

El CEAMSE administra tanto las estaciones de transferencia como los rellenos sanitarios. También hay algunos casos en los que se utilizan basurales clandestinos para descargar, pero eso no es incumbencia del presente trabajo por la principal razón que estos representan una pequeña parte del total y se complicaría el concepto simple del modelo.

6.2.3 Generación

A continuación se expondrán algunos datos estimados de la generación de RSU en CABA:

- En CABA viven aproximadamente 3 millones de habitantes, con un millón más que ingresa durante el día para trabajar, con una variación interanual de natalidad de cerca del 4,1 por mil.
- Desde mediados de la década del '90, hasta el año 2010 la generación se comportó dentro de valores cercanos a un promedio de 1.700.000 millones de toneladas anuales, como demuestra la siguiente tabla con datos elaborados por la CEAMSE (se incluyen otras ciudades y conglomerados urbanos a modo comparativo):

Tabla I: toneladas anuales de RSU por ciudades según CEAMSE

Tabla 5 - Generacion de RSU del AMBA - Periodo Enero 1996 a Mayo 2011

	AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	GRAL. RODRIGUEZ (*)		2.692,8	11.129,4	11.342,4	12.020,8	9.869,0	7.769,5	7.512,5	7.565,2	10.451,5	10.697,0	10.584,2	11.616,6	11.141,9
	BRANDSEN (*)							3.120,1	3.500,3	3.770,3	4.069,7	4.148,2	3.332,7	3.544,9	4.902,4
	MAGDALENA (*)							771,8	1.612,0	1.678,9	1.814,0	1.825,3	1.884,6	2.006,3	2.249,8
	ESCOBAR (*)								20.706,0	28.472,4	18.161,3		2.231,4	35.064,3	38.575,1
	LAPRIDA (*)										280,2				
	OTROS	2.742,2	324,8												
T	RESIDUOS MUNICIPALES	4.012.210,7	4.265.340,6	4.727.562,8	4.940.559,1	4.938.008,7	4.827.665,0	3.912.557,8	3.817.190,3	4.061.658,9	4.215.744,7	4.385.955,0	4.514.744,4	4.835.982,4	5.008.866,3
O	CAPITAL FEDERAL	1.590.754,6	1.671.849,4	1.817.550,2	1.977.252,8	1.953.375,1	1.835.934,3	1.443.046,6	1.421.842,1	1.492.867,1	1.477.147,4	1.536.452,8	1.645.368,0	1.884.460,2	1.847.748,4
T	CONURBANO	2.421.456,2	2.593.491,1	2.910.012,5	2.963.306,3	2.984.633,7	2.991.730,7	2.469.511,2	2.395.348,2	2.568.791,8	2.738.597,4	2.849.502,2	2.869.376,4	2.951.522,2	3.161.117,9
A	GEN. PRIVADOS	487.315,4	549.520,5	609.073,4	600.455,7	568.759,7	504.846,2	404.506,7	437.588,4	493.714,5	545.917,0	630.938,1	683.327,8	749.227,5	653.476,7
L	GENERAL	4.499.526,1	4.814.861,1	5.336.636,1	5.541.014,8	5.506.768,5	5.332.511,2	4.317.064,5	4.254.778,6	4.555.373,4	4.761.661,8	5.016.893,1	5.198.072,2	5.585.209,9	5.662.343,0
por	NORTE II			471.242,6	134.141,5										
C	NORTE III	1.406.571,9	1.522.827,1	1.165.523,3	1.474.483,3	1.568.729,9	1.526.364,8	1.292.651,2	2.548.955,7	3.485.528,5	3.627.152,0	3.843.872,7	4.156.774,7	4.851.331,8	4.983.669,6
E	COSTA SUR	2.427.906,7	2.577.496,5	2.861.653,4	3.040.522,7	2.976.829,0	2.823.622,9	2.235.315,4	930.376,5	8.873,8					
N	GONZALEZ CATAN II	472.924,9	159.466,5												
T	GONZALEZ CATAN III		351.163,5	593.551,5	633.027,2	700.614,7	722.439,5	560.987,3	552.242,6	699.677,9	742.256,8	741.000,0	660.283,5	423.610,3	413.290,3
O	ENSENADA	192.122,7	203.907,5	244.665,3	258.840,2	260.594,8	260.084,0	228.110,6	223.203,8	361.293,2	392.253,0	422.494,3	370.031,5	249.674,1	245.886,9

Nota: Los valores de 2011 corresponden al periodo Enero - Mayo
Fuente: Elaboración propia según datos suministrados por CEAMSE

Tabla II: toneladas anuales de RSU según estimaciones propias

Año	RSU generados en CABA
2010	2.110.122,20 tn
2011	2.276.813,20 tn
2012	2.131.078,40 tn
2013	2.160.000 tn

- Hasta el año mencionado se generaban por día y por persona aproximadamente 1.3 Kg de RSU. Extrapolándolo a un periodo anual da el valor de 1.8 millones de toneladas
- Pero hacia el año 2013 cada persona generaba en promedio 1.5 Kg de RSU por día.
- Esto hace un total de 6000 toneladas de RSU por día (seis millones de Kg.)
- Se generan entonces 180.000 toneladas al mes
- Y la enorme cantidad de 2.160.000 toneladas anuales.

6.2.4 Proyección de evolución en RSU

Dado que poseemos datos hasta 2013, y nuestro modelo deberá proyectar resultados para los próximos diez años, se han considerado las siguientes ecuaciones de ajuste:

- Función polinomial de grado 2.
- Función lineal.
- Función potencia.
- Función recíproca.
- Función exponencial en base e .
- Función exponencial en base 10.
- Función logarítmica.

En base al set de datos históricos desde 2002 hasta la actualidad se prepara y ejecuta un script (ver anexo) en el software de apoyo para el cálculo avanzado MATLAB, esperando

obtener como resultado la mejor aproximación posible para utilizar de entrada al modelo dinámico. En las siguientes figuras se apreciará dicho resultado:

Figura 2: Función de aproximación polinómica

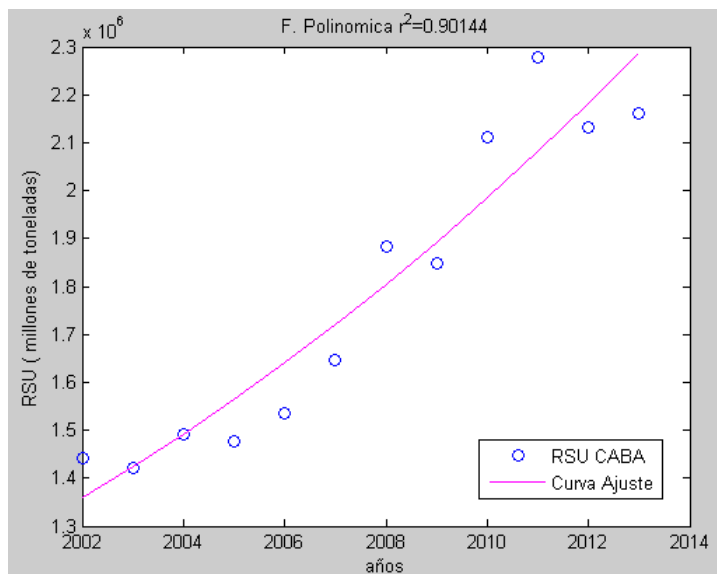


Figura 3: Función de aproximación lineal

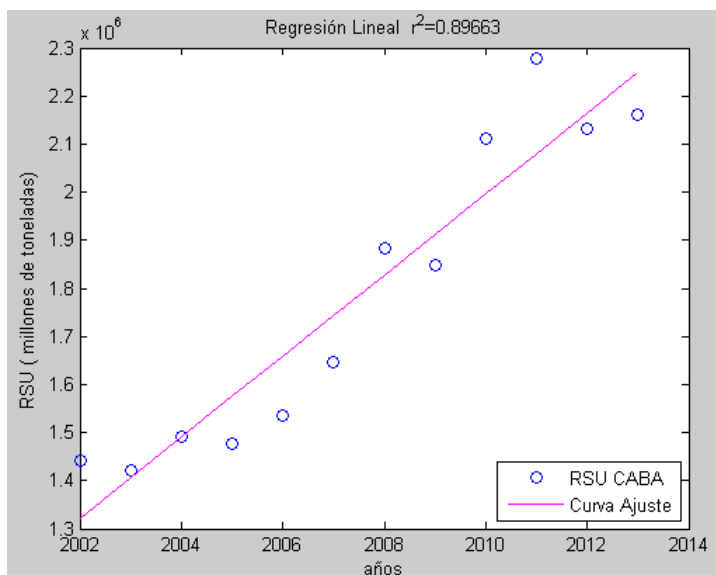


Figura 4: Función de aproximación potencia

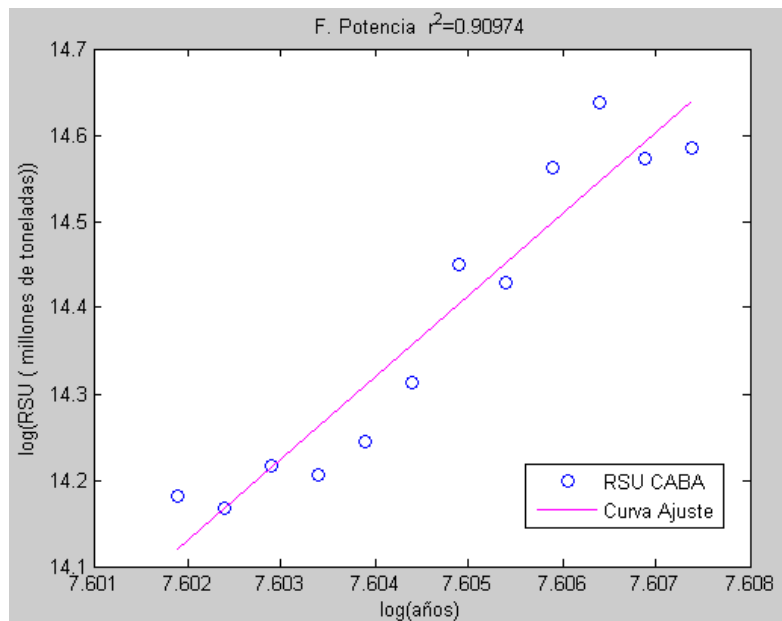


Figura 5: Función de aproximación recíproca

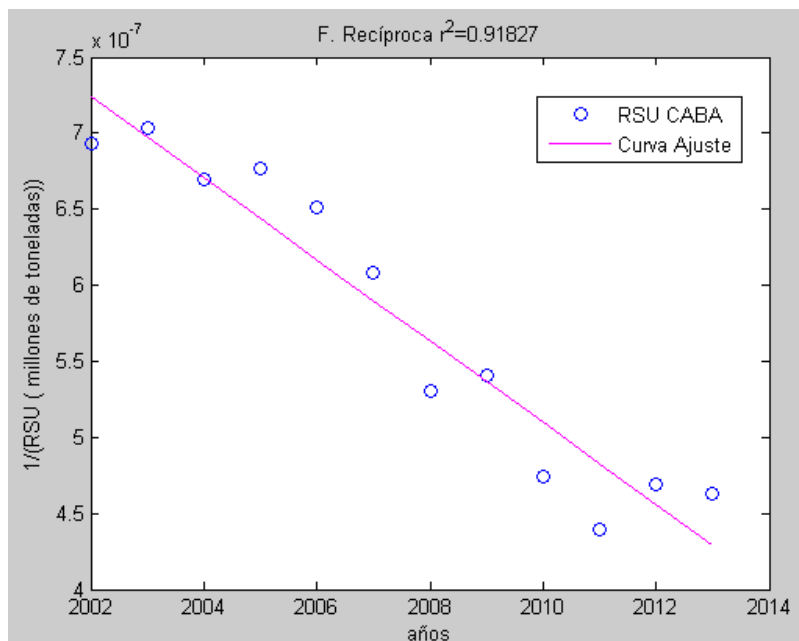


Figura 6: Función de aproximación exponencial base e

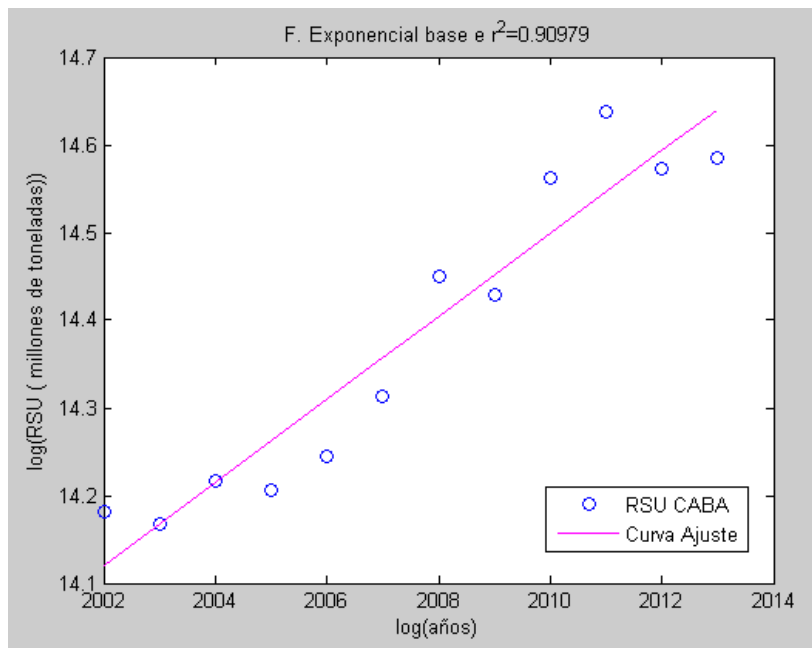


Figura 7: Función de aproximación exponencial base 10

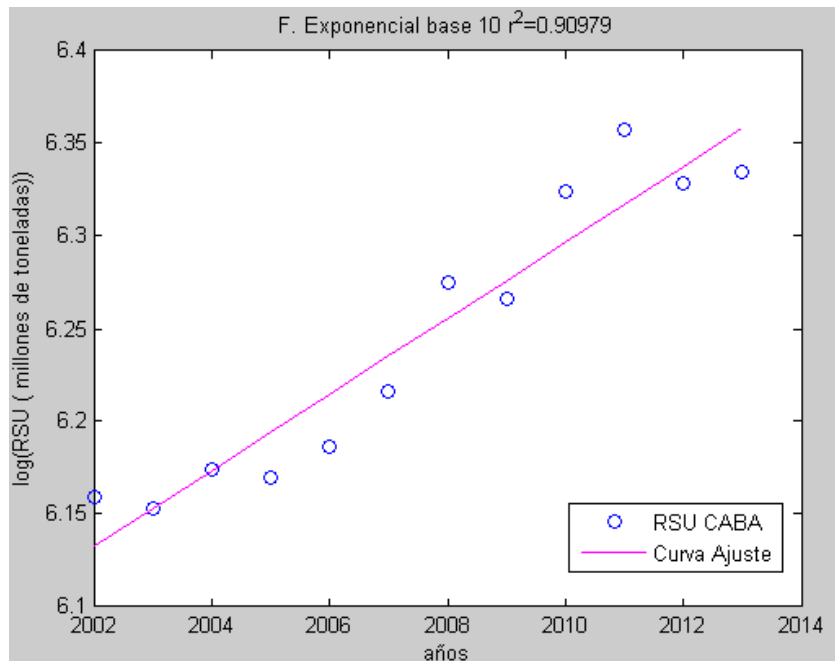
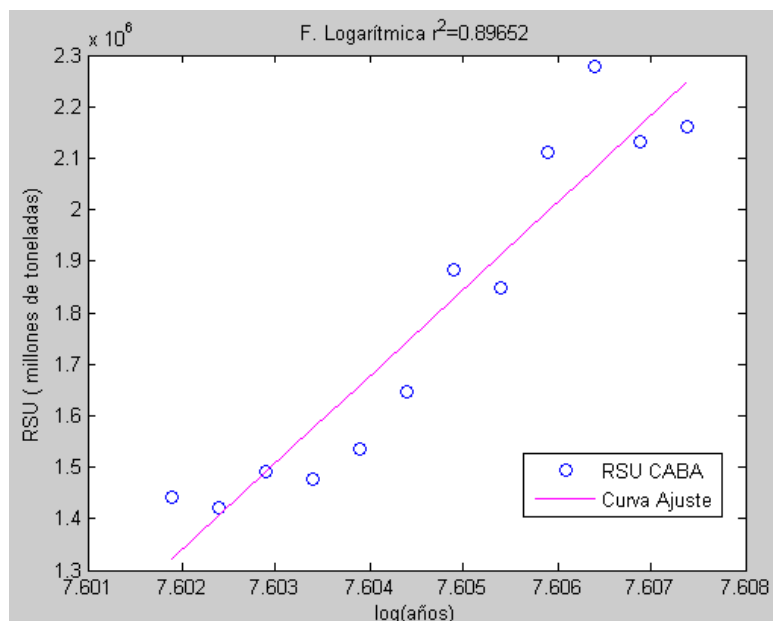


Figura 8: Función de aproximación logarítmica



Para determinar la función más adecuada utilizamos el coeficiente de correlación. Dicho esto observamos que la función recíproca es la que más se ajusta dado que su valor es el más cercano a 1.

La ecuación que define la función recíproca es la siguiente:

$$y = 1/(m * x + b) \tag{1}$$

Teniendo en cuenta el set de datos históricos considerado los valores obtenidos son los siguientes:

$$m = -2.8881e - 008 \tag{2}$$

$$b = 5.856e - 005 \tag{3}$$

Mediante la ecuación uno (1) se podrá predecir cuál es la cantidad de residuos generados en CABA en las simultáneas generaciones.

Finalmente, esta ecuación nos dará el valor anual de residuos generados para cualquier año X. Como nuestro modelo computacional utiliza ciclos diarios de ejecución, este valor obtenido será dividido por 360 días.

6.2.5 Relación generación – poder adquisitivo

Como se puede observar, particularmente en CABA, los volúmenes generados están íntimamente relacionados a la realidad social y económica del país. Por ejemplo, desde 2001 hasta 2003 principalmente los niveles bajaron notablemente debido a la crisis del 2001 y partir de allí nuevamente volvieron a elevarse. Hacia el año 2010 se nota un crecimiento pronunciado pasando las dos millones de toneladas. De ahí en adelante, hacia los años cercanos, los niveles fueron creciendo aunque no tan pronunciadamente.

Los crecimientos se pueden entender casi estrictamente dependiendo del nivel generado diario por habitante, ya que la población se mantuvo entre valores constantes durante los últimos veinte años. Y como se dijo previamente, el nivel generado depende del nivel socioeconómico de los ciudadanos, así como de las costumbres y usos de consumo.

Para tener una idea comparativa de la relación que se explicó previamente, se mostrará información de otros sectores según su poder adquisitivo, hacia el año 1998 (Savino, 1998):

Tabla III: Kg de RSU per cápita por día según sectores e ingresos

Ingresos Altos	Kg. Per Cápita
Vicente López	1.65
San Isidro	1.46
Capital Federal Buenos Aires	1.46

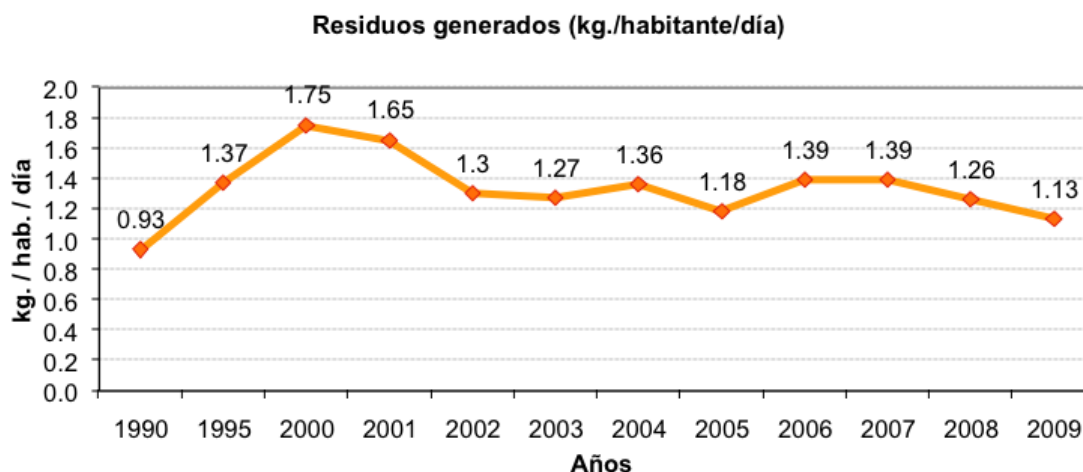
Ingresos Medios	Kg. Per Cápita
Avellaneda	1.02
Tres de Febrero	1.02
San Martín	0.98

Ingresos Medios Bajos	Kg. Per Cápita
La Matanza	0.68
Lomas de Zamora	0.66
Tigre	0.64

Ingresos Bajos	Kg. Per Cápita
Berisso	0.39
Moreno	0.37
Florencio Varela	0.35

Y el siguiente, refleja el volumen generado en CABA por habitante durante los años noventa y dos mil:

Tabla IV: evolución de RSU generado por habitante por año



A partir de 2010, los valores se incrementaron hasta llegar a 1,6 Kg por persona por día.

A continuación se mostrará una tabla que hace referencia a la generación por barrio en CABA:

Tabla V: Generación de residuos por barrio en CABA

Barrios	Población (hab)	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)	Generación de residuos		
				Kg. Hab/día	Ton /día	Ton /hab/ día
Agromomía	30.657	4,0	8.645	1,050	32,2	0,14
Almagro	128.317	4,1	33.966	1,027	131,8	0,32
Balvanera	130.477	4,4	34.590	1,141	148,9	0,42
Barracas	77.621	7,6	10.194	0,961	74,6	0,10
Belgrano	110.712	6,8	20.432	1,176	130,2	0,19
Boedo	50.139	2,6	18.661	0,955	47,9	0,24
Caballito	157.046	7,1	25.830	1,137	178,6	0,25
Chacarita	29.502	2,8	9.800	0,923	27,2	0,10
Coghlan	19.762	1,3	14.751	0,987	19,5	0,25
Colegiales	49.828	2,6	21.922	1,028	51,2	0,24
Constitución	47.606	2,1	21.838	1,149	54,7	0,32
Flores	126.387	8,1	18.578	1,058	133,7	0,17
Floresta	31.680	2,4	16.447	1,028	32,6	0,20
La Boca	33.828	3,3	14.089	0,912	30,9	0,15
La Paternal	18.150	2,4	8.355	0,742	13,5	0,11
Liniers	56.304	5,4	8.191	1,018	57,3	0,15

Barrios	Población (hab)	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)	Generación de residuos		
				Kg. Hab/día	Ton /día	Ton /hab/ día
Mataderos	58.115	7,6	8.543	0,917	53,3	0,10
Monte	28.331	2,9	11.925	0,992	28,1	0,15
Montserrat	58.322	2,2	19.800	1,285	74,9	0,36
Nueva	67.111	6,1	10.373	0,718	48,2	0,08
Núñez	76.455	3,9	13.591	1,069	81,7	0,21
Palermo	218.304	17,4	14.500	1,042	227,6	0,24
Parque	54.202	5,2	10.421	0,804	43,6	0,08
Parque	63.381	2,4	16.447	0,904	57,3	0,14
Parque Chas	Sin datos	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Parque	25.992	3,8	10.759	0,706	18,3	0,07
Puerto	406	2,1	193			
Recoleta	173.106	5,4	34.959	1,095	189,6	0,57
Retiro	26.496	2,9	15.517	1,280	33,9	0,29
Saavedra	46.070	5,9	8.766	0,992	45,7	0,23
San	34.490	2,1	23.802	0,913	31,5	0,19
San Nicolás	44.645	2,4	13.877	1,304	58,2	0,31
San Telmo	22.998	1,3		1,011	23,2	0,24
Vélez	46.224	2,4	14.984	0,974	45,0	0,22
Versalles	13.703	1,5	9.452	1,069	14,6	0,11
Villa Crespo	77.263	3,8	23.647	1,063	82,2	0,22
Villa del	52.323	3,6	16.270	0,995	52,1	0,14
Villa Devoto	85.709	6,6	10.759	1,064	91,2	0,17
Villa Gral.	36.267	2,2	16.404	0,972	35,2	0,14
Villa Lugano	110.649	9,2	12.418	0,902	99,8	0,20
Villa Luro	25.621	2,6	12.714	0,972	24,9	0,10
Villa	22.679	1,2	18.825	0,968	21,9	0,13
Villa	43.589	3,7	10.874	1,022	44,6	0,15
Villa Real	16.055	1,5	9.518	1,055	16,9	0,11
Villa	20.273	4,4	3.400	1,028	20,8	0,20
Villa Santa	30.567	2,3	14.652	0,972	29,7	0,13
Villa Soldati	28.872	8,7	4.738	0,713	20,6	0,02
Villa	62.945	5,6	15.957	0,999	62,9	0,21
TOTAL	2.769.179			1,002	2.842	0.193

Vale aclarar que los datos descriptos en la anterior tabla corresponden al año 2005, pero son utilizados para demostrar que los barrios de mayor poder adquisitivo, como Puerto Madero o Recoleta efectivamente producen más RSU que los más humildes (Barracas, Soldati, entre otros). Al día de hoy, las estadísticas se mantienen dentro de valores proporcionales.

6.2.6 Composición

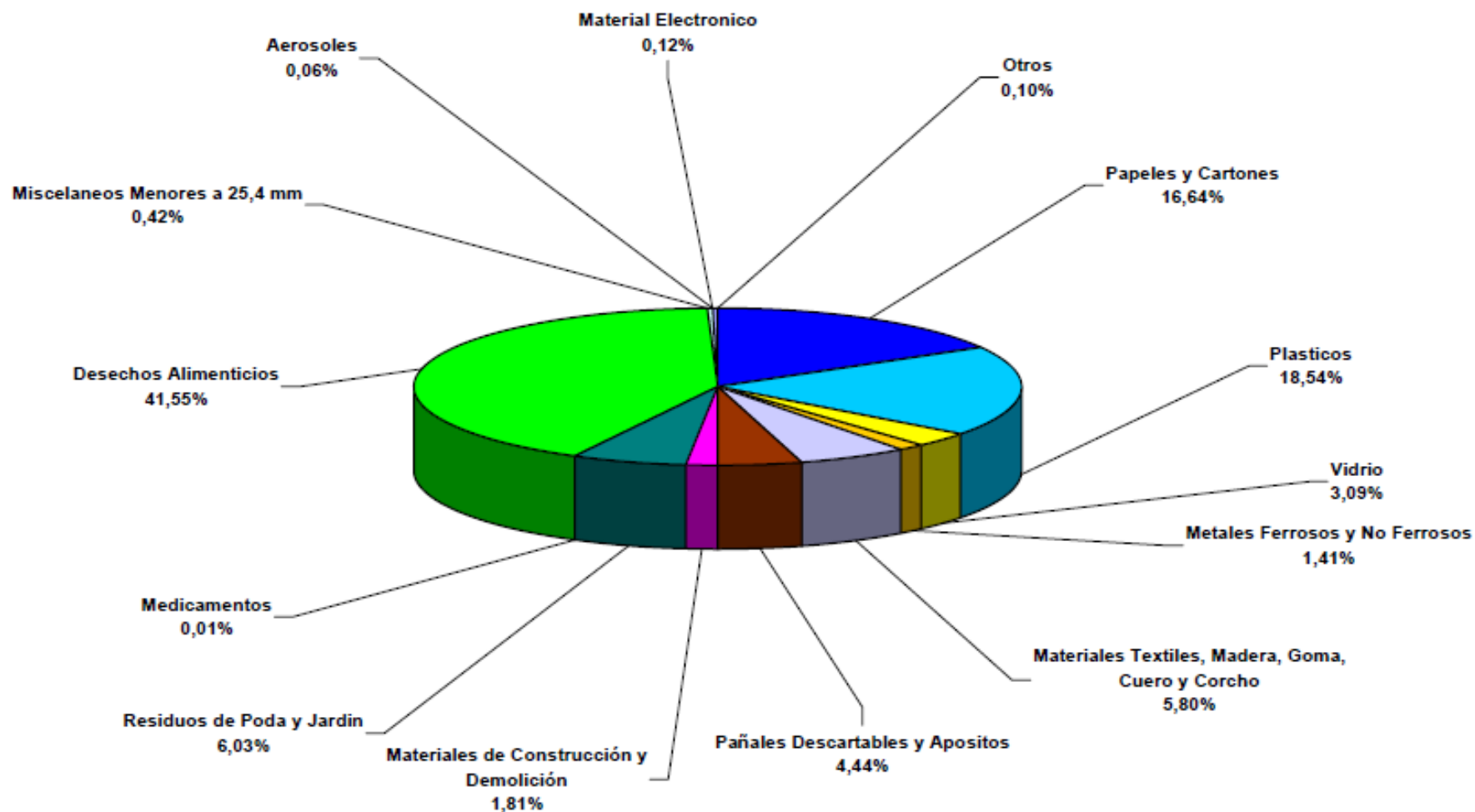
Los RSU son en mayor medida desechos orgánicos, es decir, restos de comida, residuos generados en el área comercial dedicada a fines gastronómicos, entre otros. Seguido, pero en un porcentaje notablemente menor, están los plásticos (PET, PEAD, PVC, PEBD, etc.), que como se mencionó anteriormente, han aumentado el volumen generado a lo largo de los últimos años. A continuación, en detalle la composición:

Tabla VI: Composición de RSU en CABA

Componentes	COMPOSICION TOTAL
Papeles y Cartones	16,64%
Diarios y Revistas	4,58%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	0,39%
Papel Mezclado	7,60%
Cartón	3,60%
Envases Tetrabrick	0,46%
Plásticos	18,54%
PET (1)	2,22%
PEAD (2)	2,71%
PVC (3)	0,00%
PEBD (4)	8,10%
PP (5)	3,63%
PS (6)	1,79%
Otros (7)	0,07%
Vidrio	3,09%
Verde	1,75%
Ambar	0,36%
Blanco	0,97%
Plano	0,01%
Metales Ferrosos	1,16%
Metales No Ferrosos	0,25%
Materiales Textiles	4,59%
Madera	0,67%
Goma, cuero, corcho	0,54%
Pañales Descartables y Apositos	4,44%
Materiales de Construcción y Demolición	1,81%
Residuos de Poda y Jardin	6,03%
Residuos Peligrosos	0,00%
Residuos Patógenos	0,00%
Medicamentos	0,01%
Desechos Alimenticios	41,55%
Miscelaneos Menores a 25,4 mm	0,42%
Aerosoles	0,06%
Pilas	0,00%
Material Electronico	0,12%
Otros	0,10%
TOTAL	100%
Peso Volumetrico (Tn/m3)	0,255

Con el fin de mostrar más claramente como están compuestos físicamente los RSU de CABA, se mostrará el siguiente gráfico (Figura 9):

Figura 9: Composición física de RSU en CABA, año 2011.



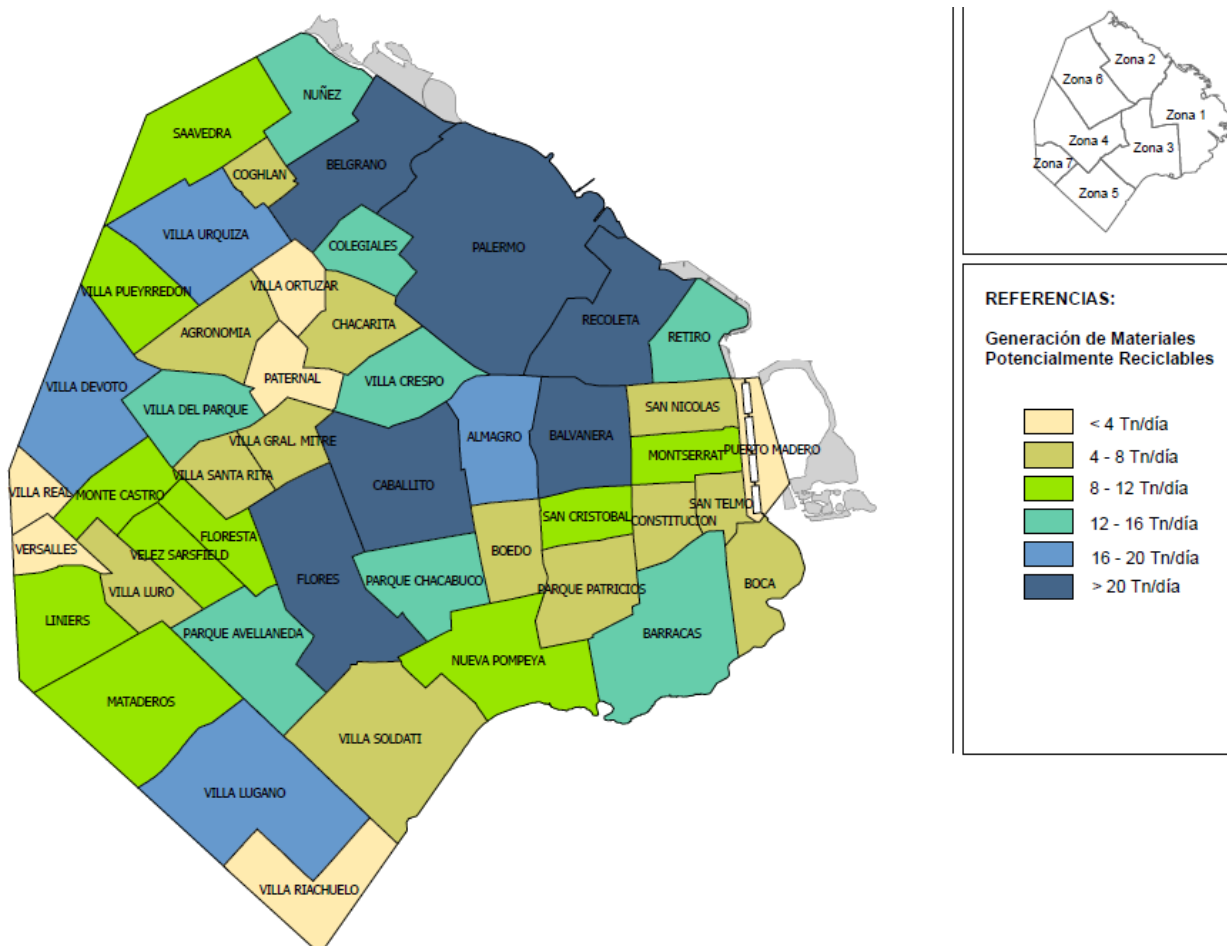
De los gráficos anteriores se desprende el dato de que alrededor del 35% de los residuos generados en CABA son reciclables. Y además, el 41,55% del total, también son residuos aprovechables, que son los alimenticios. Estos, se tratan en plantas especiales, de los cuales se obtiene energía y compost. A continuación se hará un análisis más profundo, detallando por barrio de CABA la composición de los residuos (los datos son de 2010 y 2011 pero también proporcionales a la generación total actual):

Tabla VII: toneladas por día RSU reciclables por barrio (años 2010, 2011)

Barrios	Papeles y Cartones	Plásticos	Vidrios	Metales Ferrosos y No Ferrosos	Materiales Reciclables
	Tn/día	Tn/día	Tn/día	Tn/día	Tn/día
Agronomía	3,13	2,82	1,00	0,53	7,48
Almagro	8,59	7,38	2,44	1,41	19,82
Balvanera	9,60	8,75	3,14	1,23	22,72
Barracas	5,23	4,85	1,29	0,69	12,06
Belgrano	15,85	13,76	5,05	2,32	36,97
Boca	2,75	2,42	0,77	0,48	6,40
Boedo	3,07	2,41	0,83	0,49	6,81
Caballito	19,22	16,69	6,01	2,84	44,77
Coghlan	1,81	1,63	0,57	0,29	4,31
Colegiales	5,69	5,17	1,88	0,96	13,69
Chacarita	1,95	1,62	0,38	0,23	4,18
Constitución	3,59	2,64	0,81	0,43	7,47
Flores	22,40	14,35	5,07	2,32	44,13
Floresta	5,20	3,37	1,16	0,54	10,27
Liniers	4,71	3,14	1,08	0,53	9,46
Mataderos	4,82	2,83	0,73	0,49	8,87
Monte Castro	4,95	3,31	1,19	0,60	10,04
Montserrat	4,90	3,55	0,65	0,45	9,56
Nueva Pompeya	4,84	2,57	0,50	0,38	8,30
Núñez	7,21	4,82	1,73	0,88	14,63
Palermo	31,32	21,55	7,85	4,04	64,77
Parque Avellaneda	6,49	4,41	1,53	0,80	13,24
Parque Chacabuco	6,49	4,45	1,55	0,82	13,30
Parque Patricios	2,27	1,75	0,56	0,35	4,93
Paternal	2,15	1,32	0,24	0,14	3,85
Puerto Madero	1,03	0,73	0,22	0,14	2,12
Recoleta	28,70	19,62	6,98	3,70	59,01
Retiro	6,77	4,77	1,42	0,86	13,81
Saavedra	5,32	3,72	1,28	0,69	11,02
San Cristóbal	5,40	3,54	1,24	0,64	10,82
San Nicolás	3,89	2,80	0,60	0,40	7,68
San Telmo	2,47	2,02	0,59	0,27	5,35
Velez Sarsfield	3,42	3,08	1,08	0,56	8,15
Versalles	1,36	1,23	0,43	0,22	3,25
Villa Crespo	6,24	5,57	1,77	0,94	14,52
Villa del Parque	6,11	5,36	1,91	0,92	14,30
Villa Devoto	7,95	7,05	2,53	1,08	18,61
Villa Gral Mitre	2,04	1,95	0,62	0,34	4,95
Villa Lugano	7,50	6,29	2,05	1,23	17,08
Villa Luro	2,98	2,72	0,93	0,48	7,10
Villa Ortuzar	1,64	1,65	0,39	0,17	3,85
Villa Pueyrredón	3,89	3,50	1,23	0,63	9,26
Villa Real	1,04	1,24	0,42	0,17	2,87
Villa Riachuelo	1,20	1,07	0,36	0,20	2,82
Villa Santa Rita	2,87	2,81	0,97	0,47	7,12
Villa Soldati	2,62	2,30	0,72	0,43	6,07
Villa Urquiza	8,06	7,38	2,57	1,25	19,26
Total de CABA	300,7	231,9	78,3	40,0	651,02

La siguiente figura permite visualizar mejor estos datos:

Figura 10: Barrios de CABA por volumen de generación de reciclables (Tn/día)



A modo demostrativo, y con el único fin de la comparación, se mostrará la siguiente tabla que contiene la composición física de los RSU generados en CABA comparada con la composición de los generados en los partidos del AMBA:

Tabla VIII: Composición de RSU en CABA y AMBA

Componentes	CABA	Avellaneda	Esteban Echeverría	Gral. San Martín	Hurlingham	Ituzaingó	Jose C. Paz	Lanus	Lomas de Zamora	Malvinas Argentinas	Merlo	Moreno	Moron	Quilmes	San Fernando
Papeles y Cartones	16,64%	12,74%	10,09%	13,29%	18,82%	19,87%	11,16%	11,97%	16,51%	11,99%	12,57%	13,43%	20,03%	13,71%	14,01%
Diarios y Revistas	4,58%	1,91%	2,03%	2,36%	2,80%	3,03%	0,57%	1,81%	3,21%	1,98%	1,98%	2,16%	3,38%	2,71%	1,40%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	0,39%	0,00%	0,00%	1,26%	2,67%	1,44%	2,16%	0,00%	0,12%	1,21%	0,62%	1,95%	1,69%	0,18%	1,33%
Papel Mezclado	7,60%	8,03%	3,78%	5,64%	4,10%	4,90%	5,17%	6,17%	8,72%	5,43%	7,30%	5,27%	5,33%	7,29%	4,57%
Cartón	3,60%	2,28%	3,92%	3,45%	6,57%	8,70%	2,73%	3,43%	3,25%	2,70%	2,24%	3,47%	7,77%	2,77%	4,76%
Envases Tetrabrick	0,48%	0,53%	0,36%	0,59%	2,68%	1,78%	0,55%	0,56%	1,21%	0,67%	0,43%	0,58%	1,87%	0,77%	1,95%
Plásticos	18,54%	13,80%	13,55%	14,66%	14,14%	13,21%	15,39%	16,15%	16,09%	14,01%	14,11%	13,14%	13,41%	14,71%	16,04%
PET (1)	2,22%	1,11%	2,11%	1,96%	2,81%	2,33%	1,46%	1,39%	1,96%	2,35%	1,24%	2,16%	2,40%	1,58%	2,14%
PEAD (2)	2,71%	2,53%	2,09%	1,59%	1,31%	1,33%	1,05%	2,42%	2,53%	1,10%	1,06%	1,54%	1,37%	2,41%	1,52%
PVC (3)	0,00%	0,00%	0,00%	0,77%	1,80%	0,93%	1,28%	0,00%	0,00%	0,31%	0,08%	1,16%	1,13%	0,00%	2,69%
PEBD (4)	8,10%	5,24%	5,36%	6,43%	5,12%	4,58%	6,70%	6,74%	5,33%	6,62%	7,48%	4,49%	5,17%	5,32%	6,03%
PP (5)	3,83%	3,19%	2,84%	1,86%	1,06%	1,27%	2,51%	4,24%	4,78%	1,35%	3,20%	1,53%	1,41%	3,81%	2,04%
PS (6)	1,79%	1,19%	1,15%	1,64%	2,04%	2,69%	2,29%	1,25%	1,28%	1,61%	0,95%	2,27%	1,91%	1,31%	1,36%
Otros (7)	0,07%	0,53%	0,00%	0,40%	0,00%	0,07%	0,09%	0,11%	0,22%	0,67%	0,09%	0,00%	0,02%	0,29%	0,28%
Vidrio	3,09%	1,44%	0,50%	2,24%	2,96%	2,36%	2,53%	1,39%	1,62%	1,79%	0,78%	2,45%	2,22%	1,17%	1,98%
Verde	1,75%	0,88%	0,45%	1,11%	1,41%	0,76%	0,73%	0,48%	0,70%	0,72%	0,46%	1,15%	0,95%	0,58%	1,01%
Ambar	0,36%	0,00%	0,00%	0,27%	0,04%	0,31%	0,45%	0,04%	0,06%	0,44%	0,06%	0,18%	0,08%	0,02%	0,26%
Bianco	0,97%	0,75%	0,05%	0,86%	1,51%	1,29%	1,35%	0,59%	0,86%	0,63%	0,25%	1,12%	1,20%	0,58%	0,71%
Plano	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,28%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Metales Ferrosos	1,16%	1,74%	0,86%	1,26%	2,84%	1,22%	1,98%	1,28%	2,04%	0,90%	0,47%	1,30%	1,21%	1,11%	2,02%
Metales No Ferrosos	0,25%	0,52%	1,12%	0,24%	0,15%	0,13%	0,05%	0,32%	0,39%	0,09%	0,12%	0,07%	0,06%	0,22%	0,19%
Materiales Textiles	4,59%	4,17%	8,05%	5,52%	3,95%	4,74%	3,85%	5,94%	5,70%	4,32%	5,26%	4,63%	4,85%	8,85%	3,72%
Madera	0,67%	1,72%	0,55%	2,36%	1,02%	1,84%	0,20%	1,00%	0,61%	1,89%	2,45%	2,13%	2,10%	0,48%	0,30%
Goma, cuero, corcho	0,54%	1,31%	1,01%	2,39%	2,65%	2,84%	2,82%	1,07%	1,22%	2,24%	0,90%	3,11%	1,49%	1,33%	1,62%
Pañales Descartables y Apositos	4,44%	5,55%	5,25%	4,23%	3,19%	3,25%	5,32%	4,18%	4,05%	6,39%	6,33%	4,53%	3,40%	6,70%	4,50%
Materiales de Construcción y Demolición	1,81%	4,60%	0,00%	2,64%	0,71%	0,40%	3,73%	4,07%	2,71%	4,23%	5,56%	4,21%	1,30%	2,57%	2,41%
Residuos de Poda y Jardín	6,03%	6,52%	26,67%	12,06%	12,34%	14,89%	13,68%	9,23%	9,88%	13,05%	13,16%	17,04%	13,22%	8,16%	10,19%
Residuos Peligrosos	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,96%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Residuos Patógenos	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
Medicamentos	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Desechos Alimenticios	41,55%	45,61%	31,85%	33,62%	33,30%	32,05%	34,75%	43,08%	38,92%	35,61%	35,60%	30,48%	33,64%	40,75%	37,61%
Miscelaneos Menores a 25,4 mm	0,42%	0,29%	0,49%	4,81%	2,46%	2,34%	3,95%	0,08%	0,08%	3,04%	1,48%	2,91%	2,53%	0,12%	4,96%
Aerosoles	0,06%	0,00%	0,00%	0,40%	0,80%	0,66%	0,56%	0,15%	0,11%	0,47%	0,21%	0,40%	0,43%	0,29%	0,46%
Pilas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Material Electronico	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,00%	0,03%	0,00%	0,63%	0,00%	0,00%
Otros	0,10%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Peso Volumétrico (Tn/m3)	0,255	0,289	0,257	0,342	0,286	0,303	0,272	0,306	0,277	0,300	0,363	0,309	0,300	0,319	0,331

Si bien puede observarse que tanto los valores en AMBA como en CABA son similares, puede notarse una mayor concentración de plásticos y papeles en CABA que en el resto de los partidos. Esto se debe al mayor consumo de productos envasados y reciclables.

Puede concluirse lo siguiente:

- Del total de los RSU generados en CABA, el 35% corresponde a reciclables (Papeles y cartones, plásticos, vidrios, metales ferrosos y no ferrosos)
- El 45% corresponde a desechos alimenticios.
- Esto haría un total de aproximadamente el 80% de materiales reciclables sobre el total generado de RSU (aumentando la efectividad, en un escenario ideal: elevable al 100%).
- Pero si bien desde el aspecto físico, químico y biológico los mencionados son materiales potencialmente reciclables, se debería analizar también desde el punto de vista económico la viabilidad de esto. Aunque teniendo en cuenta que el problema de la reducción y reciclaje es clave para evitar y disminuir la contaminación, creemos que los gastos incurridos en mejorar este aspecto no debería ser una restricción.
- Entonces, según estudios realizados por la Facultad de Ingeniería de la UBA, cerca del 100% de los potencialmente reciclables son efectivamente reciclables. Solo dependería la voluntad política, ciudadana y los recursos para realizarlo.
- Del mismo estudio se desprende que aproximadamente un 70% de los ciudadanos expresaría su intención de participar de la separación en origen de los residuos.
- Tratándose de residuos alimenticios, orgánicos, los mismos aprovechables, tanto para la generación de compost (abono) como para la generación de energía por otros métodos. También son utilizables con una finalidad muy importante, como es la de actuar como primer sustrato de cobertura del relleno sanitario para que actúe como biofiltro.

6.2.6 Ley de Basura Cero

La Ley de Basura Cero (Ley 1854) fue promulgada en enero de 2006 y reglamentada en mayo de 2007. La misma hace referencia a la eliminación progresiva de rellenos sanitarios mediante medidas de reducción de la generación de residuos, la recuperación y el reciclado, así como también la reducción del nivel de toxicidad de la basura y la asunción de la responsabilidad por parte del fabricante de sus productos.

6.2.7 Metas de reducción progresiva

Tomando como línea base la cantidad de 1.497.656 toneladas de residuos enviados a relleno sanitario durante el año 2004.

- 30% de reducción para el año 2010
- 50% de reducción para el año 2012
- 75% de reducción para el año 2017
- Se prohíbe la disposición final de materiales tanto reciclables como aprovechables para el año 2020

La cantidad de toneladas máximas a ser dispuestas en rellenos sanitarios, son las detalladas a continuación:

Tabla IX: toneladas máximas de residuos a disponer según año

Cantidad de toneladas máximas		
Toneladas máximas a ser dispuestas en relleno sanitario Año 2010	Toneladas máximas a ser dispuestas en relleno sanitario Año 2012	Toneladas máximas a ser dispuestas en relleno sanitario Año 2017
1.048.359	748.828	374.414

Uno de los aspectos más importantes de esta ley es que las metas se fijan en términos de reducción de la cantidad de materiales que se enterraron y no en cantidad de materiales que se reciclaron, ya que de esa forma se contabilizan los impactos reales

realizados para reducir el enterramiento. Si se calculara sólo la cantidad de residuos que se reciclan, puede suceder que ese valor incremente sin que se aprecie una disminución en la cantidad de basura enterrada. Esto es así porque puede ser que paralelamente al aumento del reciclaje también aumente la generación de basura y/o se producen más residuos que no se pueden aprovechar. Estadísticamente no es correcto vincular los aumentos o descensos en la cantidad de residuos enterrados con la cantidad de residuos reciclados.

Otro aspecto notable de la Ley es que prohíbe la incineración de residuos, por cuestiones intuitivas de ecología y bienestar de la población, como también por la amenaza que significa a los recuperadores y recicladores por tratar a los residuos de esta manera.

En cuanto a la asunción de la responsabilidad por parte del productor, estos deben hacerse cargo de los productos que introducen al mercado y contienen sustancias tóxicas o son difíciles de manejar. Este apartado de la ley tiene como finalidad que los productores amplíen la vida útil de dichos productos, contengan menos tóxicos, o bien sean aprovechables para reciclar.

Como uno de los aspectos más notables y emparentados con nuestro modelo, la Ley de Basura Cero prevé la separación en origen y la recolección diferenciada. Hicimos especial hincapié en la separación en origen, pues esta es clave para evitar que los residuos se mezclen y contaminen entre sí. De esta manera aumenta considerablemente el porcentaje reciclable, en detrimento de lo que se entierra.

La separación en origen es una costumbre que hay que inculcar en la sociedad mediante un plan de incentivos, premios y mucho diálogo. Es probablemente el aspecto más determinante en la optimización del sistema que estamos analizando.

Vale la aclaración que la Ley, si bien se reglamentó en 2007, la misma no se aplicó realmente hasta el año 2012, reduciendo relativamente los volúmenes a disponer en los rellenos.

- Hoy día se envían a CEAMSE, cerca de 4220 toneladas, un valor muchísimo menor que el establecido para la misma fecha por el plan Basura Cero. Como se ve, se desde la reglamentación de la ley se redujo tan solo un 30% de lo generado.
- Vale recordar que para el año 2012 se debió haber reducido un 50% de lo generado en ese año.

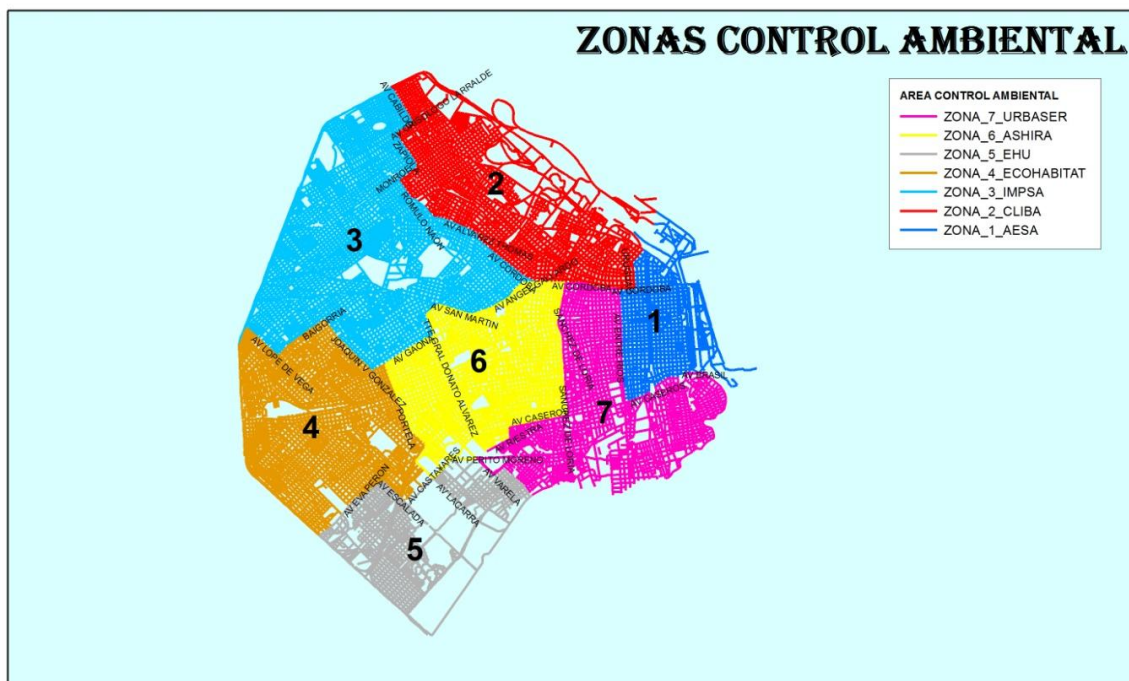
- Si las toneladas anuales según la Ley no debían superar las 748.828, entonces CABA se excedió en el envío de RSU a los rellenos de AMBA un 180% de lo estipulado.
- Lo que se propone el presente trabajo es demostrar justamente como con la reducción de envío de residuos a rellenos y el aumento del reciclaje, se impacta directamente en el presupuesto de CABA y la reducción en la contaminación. Si bien se podría afirmar que el cumplimiento de la Ley estaría lejos de poder cumplirse en los plazos estipulados, apalancar sobre la generación y el reciclaje de manera pronunciada, es un muy buen comienzo.

(Más información sobre esta Ley en el Anexo 1)

6.2.8 Empresas recolectoras

La recolección en la ciudad de Buenos Aires está dividida por zona, y cada zona es cubierta por una empresa concesionaria diferente. Así lo muestra el siguiente esquema:

Figura 11: zonas de recolección de residuos

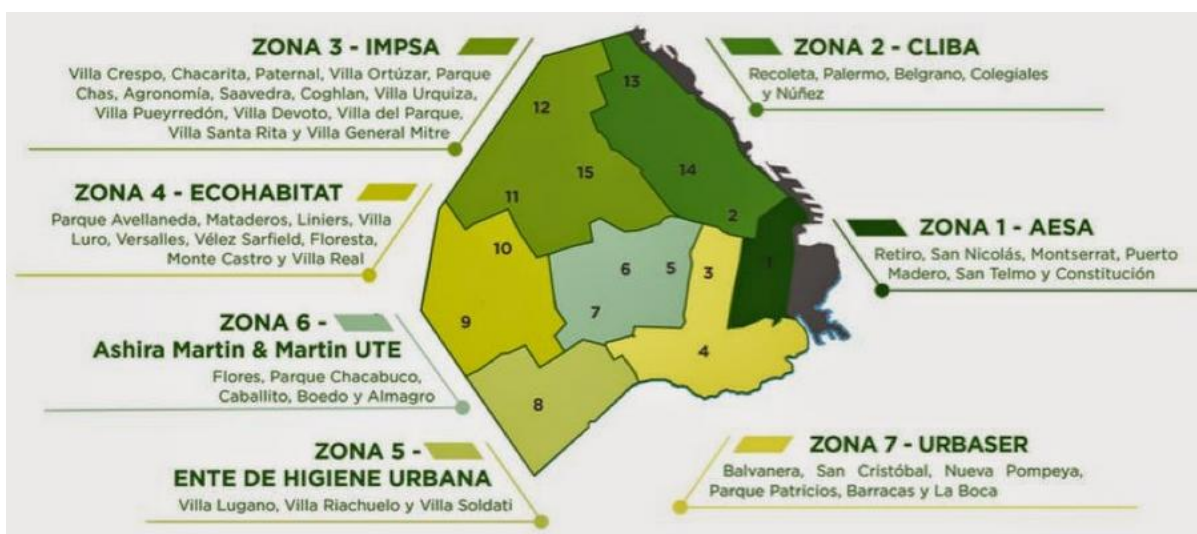


Las empresas operadoras según la zona son las siguientes:

- Zona 1: AESA
- Zona 2: CLIBA
- Zona 3: IMPSA
- Zona 4: ECOHABITAT
- Zona 5: EHU
- Zona 6: ASHIRA
- Zona 7: URBASER.

A continuación se mostrará además, los CGPs incluidos en cada zona:

Figura 12: zonas de recolección de residuos según CGPs y empresas.



EHU (Ente de Higiene Urbana), es la única empresa estatal, ya que las demás son contratadas por el Gobierno de la Ciudad.

A modo descriptivo se presentarán algunas características y datos de las empresas concesionarias privadas:

- AESA: Aseo y Ecología SA: empresa que brinda servicios integrales de recolección, separación y tratamiento de RSU secos. También, este año incorporó el tratamiento de RSU húmedos.

- CLIBA: Empresa del grupo Benito Roggio Ambiental dedicada a la higiene urbana prestando servicios desde 1986. Recoge anualmente un promedio de 368.000 toneladas al año
- IMPSA: INDUSTRIAS METALÚRGICAS PESCARMONA S.A.I.C y F: Es una empresa de capitales argentinos, participante activo de procesos productivos, obras y servicios a escala mundial. Presta también el servicio de disposición final de residuos en el relleno sanitario, tanto para este distrito como para otros de las cercanías. También ha desarrollado e implementado proyectos de aprovechamiento de Biogás en los rellenos sanitarios de Buenos Aires (CEAMSE - Norte III), Rosario y Las Heras.
- ECOHABITAT: Perteneciente al grupo Emepa, se desarrolla en negocios civiles, agroindustriales y de servicios. Forma una UTE con otras empresas para brindar el servicio de recolección e higiene en la ciudad.
- ASHIRA, MARTIN & MARTIN UTE: Aseo e Higiene de la Republica Argentina es una empresa pionera en la higiene urbana con presencia en conglomerados urbanos de todo el país. Martin & Martin es una empresa que desde los años setenta integra los servicios de recolección tanto de la ciudad como del conurbano bonaerense, en forma de empresa y también como componente de UTEs, como es en este caso.
- URBASER: empresa de capitales españoles con presencia mundial que posee intervención en todas las áreas del servicio de higiene de la ciudad.

Todas las empresas suman una cantidad aproximada de 600 camiones, entre los de carga lateral y trasera, de una capacidad de 10 toneladas, y lo que hace un total de alrededor de 6000 toneladas diarias soportadas.

A continuación, y de manera de poder dimensionar el trabajo y los números que manejan las empresas se mostraran algunos datos de las mismas en el año 1998:

Tabla X: volumen y montos hacia 1998 de las empresas concesionarias

Montos globales cotizados por las concesionarias. Año 1998

Empresas	Volumen de actividad Ton/día	actividad %	Monto total en \$ (1)	%	Volumen de actividad en ton.	actividad %	\$/Ton.
TOTAL	4.600	100,0	251.201.511	100,0	6.278.000	100,0	
CLIBA	1.450	31,5	72.996.720	29,1	2.117.000	33,7	34,48
AEBA	900	19,6	58.535.559	23,3	1.314.000	20,9	44,55
SOLURBAN	1.000	21,7	60.811.296	24,2	1.460.000	23,3	41,65
ECOHABITAT	950	20,7	58.857.936	23,4	1.387.000	22,1	42,44
ZONA A CARGO DEL GCBA	300	6,5	--	--	--	--	

Si bien se puede notar que los nombres de las empresas no coinciden con las que operan actualmente, esto se debe a que de un contrato hacia otro, las empresas pueden formar UTEs, así como cambiar su nombre, formar otras empresas u otras formas de personería jurídica. Pero vale aclarar que los datos son perfectamente extrapolables a la situación actual, ya que como se mencionó, las empresas en realidad siguen siendo las mismas de los últimos treinta años a la fecha.

6.2.9 Situación de recolección

Si bien entre todas las empresas suman 600 camiones, y es una cantidad que alcanza a cubrir los volúmenes actuales, existen algunos desvíos negativos, como fallas en los recorridos, paros y problemas como la falta de mantenimiento que hacen que se reduzca en ciertos momentos la recolección. Esto se menciona a modo informativo ya que el presente trabajo no ahondará en esta cuestión, sino que solamente en el caso óptimo de recolección.

6.2.10 Presupuesto

6.2.10.1 Gastos

El gobierno de la ciudad pagará 30.000 millones de pesos por las concesiones a las empresas mencionadas, de aquí a diez años.

Además, CABA paga \$55,39 por cada tonelada enterrada al CEAMSE y \$70,65 por el transporte. Lo que da un total de \$126.04 diarios por tonelada, y si se considera la totalidad de 4200 toneladas diarias, el costo total diario es de \$529.368. Y el total anual es de \$193.219.320.

Entonces, el gasto anual total es de 3000 millones en concepto de pagos a las empresas concesionarias, más \$193.219.320 de transporte y depósito en relleno. Esto es: \$3193.219.320 anuales aproximadamente.

A continuación se detallaran algunos datos sobre el presupuesto de la ciudad de Buenos Aires. Mas precisamente, se señala el gasto en servicios urbanos para 2013:

Tabla XI: ejecución presupuestaria para primer semestre de 2013

Finalidad / Función	Vigente	Devengado	% Estructura	% Ejecución
Administración Gubernamental	6.236,0	2.352,5	12,0	37,7
<i>Legislativa</i>	796,7	260,0	1,3	32,6
<i>Judicial</i>	2.198,0	655,3	3,3	29,8
<i>Dirección Ejecutiva</i>	1.600,6	786,5	4,0	49,1
<i>Relaciones Exteriores</i>	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Administración Fiscal</i>	1.117,4	483,1	2,5	43,2
<i>Control de la Gestión</i>	523,5	167,6	0,9	32,0
Servicios de Seguridad	2.021,4	870,7	4,4	43,1
<i>Seguridad Interior</i>	2.021,4	870,7	4,4	43,1
Servicios Sociales	25.050,4	12.483,5	63,5	49,8
<i>Salud</i>	8.397,6	4.609,9	23,5	54,9
<i>Promoción y Acción Social</i>	3.337,6	1.451,4	7,4	43,5
<i>Educación</i>	10.308,6	5.207,4	26,5	50,5
<i>Cultura</i>	1.564,3	661,7	3,4	42,3
<i>Trabajo</i>	266,9	135,4	0,7	50,7
<i>Vivienda</i>	1.033,4	350,0	1,8	33,9
<i>Agua Potable Y Alcantarillado</i>	142,1	67,8	0,3	47,7
Servicios Económicos	7.587,8	3.614,5	18,4	47,6
<i>Transporte</i>	2.437,3	879,0	4,5	36,1
<i>Ecología</i>	783,2	442,8	2,3	56,5
<i>Turismo</i>	38,8	17,9	0,1	46,1
<i>Industria y Comercio</i>	116,3	43,7	0,2	37,6
<i>Seguros y Finanzas</i>	3,2	1,5	0,0	47,2
<i>Servicios Urbanos</i>	4.209,0	2.229,7	11,3	53,0
Deuda Pública – Intereses y Gastos	825,9	332,0	1,7	40,2
<i>Deuda Pública – Intereses y Gastos</i>	825,9	332,0	1,7	40,2
Total Gastos	41.721,5	19.653,3	100,0	47,1

En lo atinente a los Servicios Urbanos, casi el cincuenta y cinco por ciento del gasto está destinado a la atención de los contratos correspondientes a los servicios de recolección de residuos y el resto mayoritariamente al mantenimiento de la vía pública y el mejoramiento de las vías de tránsito.

Esta función se refiere a acciones inherentes a la prestación de servicios tales como la recolección de residuos domiciliarios, la limpieza urbana, el alumbrado público y la higiene mortuoria, entre otros. Abarca también las acciones destinadas a procurar una adecuada infraestructura urbanística.

6.2.10.2 Ingresos

En cuanto a los ingresos, haremos hincapié especialmente en el ABL (alumbrado, barrido y limpieza), que es el impuesto que finalmente impactará en el servicio de recolección. Para el año 2013, se recaudaron \$28684,7 millones de pesos en concepto de tributos. De ese monto, \$2732,3 millones corresponden a ABL, es decir, casi un 10% del total recaudado.

Tabla XII: Recaudación tributaria en 2013 en CABA

Concepto	Recaudación	Meta Presupuestaria	Cobertura de la meta acumulada
Total Ingresos Tributarios	28.684,70	28.401,70	101,00%
Ingresos tributarios propios	25.919,20	25.650,00	101,00%
Impuesto sobre los Ingresos Brutos	19.290,50	19.133,30	100,80%
Alumb, Barrido y Limpieza	2.732,30	2.665,70	102,50%
Patentes sobre Vehículos en General	1.458,10	1.468,40	99,30%
Impuesto de Sellos	1.836,00	1.800,30	102,00%
Planes de Pago	438,7	420	104,50%
Otros Gravámenes y Contribuciones	163,5	162,2	100,80%
Coparticipación Federal de Impuestos	2.765,60	2.751,70	100,50%

Si se compara con años anteriores, en 2012 los ingresos tributarios eran de \$14601,9 millones. Esto quiere decir que para 2013, se incrementaron los ingresos en un 43,5%. La recaudación en concepto de ABL creció linealmente:

Tabla XIII: Recaudación tributaria en 2012 y 2013 en CABA

Concepto	2012	2013	Dif. \$	Dif. %
Recursos Corrientes	15.459,4	22.183,9	6.724,6	43,5
Tributarios	14.601,9	21.021,4	6.419,5	44,0
<i>Ingresos Brutos</i>	9.747,0	14.159,8	4.412,8	45,3
<i>Inmuebles</i>	1.462,8	2.229,2	766,3	52,4
<i>Vehículos</i>	923,7	1.195,4	271,8	29,4
<i>Sellos</i>	817,8	1.316,0	498,2	60,9
<i>Otros impuestos</i>	140,9	181,9	41,1	29,1
<i>Coparticipación Federal</i>	1.509,7	1.939,1	429,4	28,4
No Tributarios	484,2	747,0	262,8	54,3
Venta de Bienes y Servicios	122,6	116,0	-6,6	-5,4
Rentas de la Propiedad	51,9	76,9	25,0	48,1
Transferencias Corrientes	198,8	222,6	23,8	12,0
Recursos de Capital	174,3	234,9	60,6	34,8
Recursos Propios de Capital	9,2	37,7	28,5	311,4
Transferencias de Capital	113,0	143,6	30,6	27,1
Dism. Inversión Financiera	52,1	53,7	1,5	2,9
Total	15.633,6	22.418,8	6.785,2	43,4

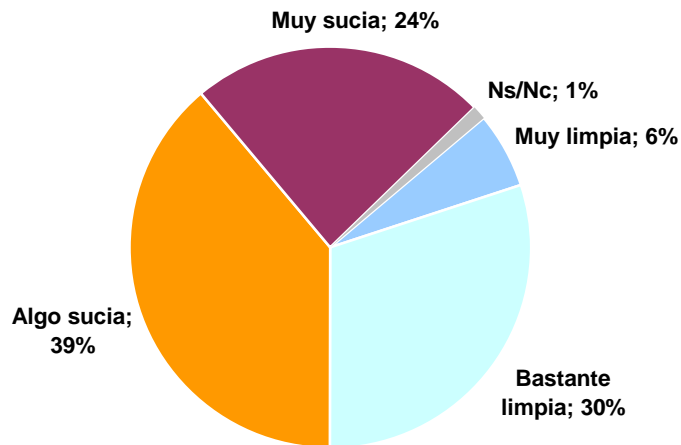
6.2.11 Percepción de la limpieza en CABA según sus habitantes

En 2011 la empresa Gallup realizó una encuesta sobre 1004 entrevistados mayores de 18 años.

Al ser consultados sobre el estado de limpieza de su ciudad, 6 de cada 10 argentinos (63%) afirman que su ciudad está algo o muy sucia, mientras que casi 4 de cada 10 (36%) consideran que está muy o bastante limpia.

Cabe destacar que la evaluación sobre la limpieza de la ciudad presenta diferencias significativas por zona de residencia. Así, la creencia de que la ciudad está muy o algo sucia crece al 79% en la Capital Federal, contra 66% en Gran Buenos Aires y 59% en el Interior.

Figura 13: percepción de la limpieza de la ciudad según encuesta (TNS Gallup)



Entre las alternativas a seguir para contribuir a la limpieza de la ciudad, educar a la gente aparece en primer lugar, con el 37 por ciento de las menciones. En segundo lugar, con el 23 por ciento, surge la opción de multar a los que tiran basura en la calle, seguido en tercer lugar por aumentar la frecuencia de recolección de la basura, con el 15 por ciento. Con el 9 por ciento de las menciones aparecen las opciones de tener más barrenderos en las calles y más contenedores y tachos de basura en las mismas, respectivamente. Por último, con un guarismo menor, se menciona solucionar el problema de los cartoneros (2 por ciento).

Según estos datos generados en el año 2011, con los volúmenes generados de RSU en ese momento, podemos afirmar que actualmente los niveles de inconformismo para los años siguientes siguieron en aumento. Por eso mencionábamos la suba de la recaudación en ABL en el apartado anterior: si sigue en aumento, y las soluciones en cuanto a higiene urbana y generación no llegan, el descontento popular será muy grande e impactará en la colaboración que ellos presten en mejorar la separación en origen, por ejemplo.

7. Sección III - Modelado y Simulación de sistemas dinámicos.

Con la finalidad de apoyar la toma de decisiones, se ha desarrollado un interés creciente por estudios cuya característica esencial es el estar basados en procesamiento de información. En esta área del conocimiento uno de los principales intereses se ha centrado en estudiar la evolución de los datos observados a lo largo del tiempo. En este contexto se ha formalizado el concepto de Sistema Dinámico, que ha sido objeto de un estudio sistemático en una rama especializada de las matemáticas aplicadas a la que se ha denominado teoría matemática de los sistemas dinámicos; al mismo tiempo se han desarrollado múltiples campos de aplicación como, por ejemplo, la ingeniería de sistemas y la automática.

Entendemos por sistema a un conjunto de partes operativamente interrelacionadas, es decir, en el que unas partes actúan sobre las otras, y del que interesa considerar fundamentalmente su comportamiento global. Así, por ejemplo, se habla del sistema nervioso, del sistema bancario, de un sistema ecológico, del sistema planetario, etc. Siempre que se habla de un sistema se sobreentiende que, en cierta forma, el conjunto tiene propiedades de interés que no pueden considerarse la simple suma de las de las partes. Son estas propiedades, precisamente, las que justifican la consideración del sistema como unidad y no como simple suma de partes.

Un modelo, es un sistema abstracto en el que los elementos que interactúan son conceptos abstractos y en el cual las relaciones entre dichos elementos se encuentran formalizadas. Utilizamos el término sistema para referirnos tanto a ciertos aspectos de la realidad como también a un modelo formal del mismo, lo que puede producir una cierta ambigüedad en la expresión. Sin embargo no hay ninguna incorrección en este doble uso.

Puede suceder durante el estudio de un sistema, que la característica fundamental que interese considerar sea su evolución en el tiempo y cómo las interacciones entre las partes determinan esta evolución. El modelo del comportamiento dinámico de un sistema se denomina “sistema dinámico”.

Mediante el estudio de un sistema real se puede obtener una colección de observaciones cuantitativas de atributos o propiedades del mismo. Considerando el comportamiento dinámico, entonces estos datos se encuentran parametrizados con relación al tiempo. En el concepto de sistema dinámico se formaliza esta colección de datos. Se puede

decir que un sistema dinámico, en cuanto modelo de una cierta porción de la realidad, constituye un resumen abstracto de los datos observados en la misma.

Con el modelado dinámico de un sistema, conviene insistir, lo que interesa considerar es el comportamiento dinámico de los sistemas. En el interior de un sistema, por la propia definición del mismo, se están produciendo unas determinadas interacciones. El carácter dinámico del sistema se refiere a que es primordial la consideración de su evolución en el tiempo. En esta evolución las variaciones que se producen en él son consecuencia, fundamentalmente, de las propias interacciones. Estas interacciones constituyen la estructura del sistema. De ahí que se diga que bajo el punto de vista de la dinámica de sistemas, el comportamiento dinámico de un sistema está determinado por su estructura. Esta estructura tiene una importancia mayor en la evolución del mismo que la naturaleza de cada uno de los elementos individuales que lo componen.

Esta metodología de Dinámica de Sistemas, originalmente fue desarrollada a mitad de la década del 50 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) de la mano del Ingeniero Jay Forrester durante la realización de un proyecto para la empresa General Electric. El problema que se planteaba la compañía era la inestabilidad en el empleo y Forrester utilizando diagramas de flujo y cálculos que representaban el funcionamiento de la compañía, logra demostrar que la causa principal de la falta de estabilidad en el empleo era interno de GE y no debido factores externos a ésta como el contexto o los ciclos económicos. Esta simulación "artesanal" elaborada con este fin específico, marca el comienzo de un nuevo enfoque para analizar y entender problemas de la industria en general.

Junto a un grupo de estudiantes, Forrester se fija como objetivo la posibilidad de modelar y simular problemas complejos con la ayuda de sistemas informáticos. Bajo su supervisión Phyllis Fox y Alexander Pugh implementan la primera versión de DYNAMO (Dynamics Models) que es una versión mejorada del lenguaje de modelado SIMPLE (Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations) desarrollado por Richard Bennett con el avanzado tecnológico que permitía la utilización de variables de 8 caracteres (8 bits). Con el tiempo, DYNAMO se convirtió en un estándar en la Industria durante más de treinta años, facilitando a las áreas de ingeniería la aplicación de la dinámica de sistemas.

En 1961, el ingeniero Forrester publica el primer libro de la metodología bajo el título "Industrial Dynamics". Hasta el momento el área de aplicación era únicamente la problemática de la industria y las grandes corporaciones.

Durante 1968, esta especialización industrial da un vuelco debido a que en ese año John Collins, alcalde de Boston, es nombrado profesor de Asuntos Urbanos del MIT y colabora con Forrester para la publicación del libro "Urban Dynamics" donde por primera vez se aplica la metodología de modelado de sistemas a asuntos fuera del área de la industria y las corporaciones.

Muy poco después en 1970 en una conferencia en Berna, Suiza, donde Forrester asistió como invitado del Club de Roma (organización dedicada al análisis de problemas de la humanidad como la crisis mundial, la desnutrición, entre otros) se le plantea la posibilidad de apoyar a la misión del Club con la metodología. En ese momento surge la primera aplicación socioeconómica de la dinámica de sistemas con el modelo representativo del mundo "WORLD1".

Este modelo refinado y mejorado fue publicado en su libro de 1971 titulado "World Dynamics".

A partir de ese momento la dinámica de Sistemas comenzó a ser aplicada en casi todas las áreas de conocimiento. Esto se puede observar en los numerosos artículos publicados en los congresos anuales de la System Dynamics Society.

7.1 Construcción de un modelo dinámico

Como primera instancia en el estudio de un sistema real para la construcción de un modelo dinámico se deben identificar los elementos fundamentales del mismo observando los distintos modos de comportamiento.

Contando con los elementos fundamentales identificados, en una segunda instancia se intenta detectar las estructuras de retroalimentación que originan el comportamiento observado. Con estas observaciones y con el apoyo de un software específico (en nuestro caso VensimPLE) se construye un modelo matemático el cual posibilita la simulación del comportamiento a lo largo del tiempo.

Comparando estas simulaciones y las observaciones realizadas al sistema real, se modifica el modelo hasta que sus elementos y relaciones modeladas resulten similares a las

observadas.

En quinto lugar, se modifica la estructura hasta que sus componentes y comportamiento resulten similares al comportamiento observado en el sistema real. Para finalizar el sexto paso, se modifican las decisiones que pueden ser introducidas en el modelo de simulación hasta encontrar decisiones aceptables y utilizables que den lugar a un comportamiento real mejorado.

7.2 Metodología para la observación de los modos de comportamiento del sistema

7.2.1 Delimitación de problemas

El primer paso para determinar el comportamiento de un sistema es enfocarnos en lo que se considera una falla, incidencia o problema. Para realizar un correcto análisis de éste se debe documentar y definir de forma clara y precisa dicho problema para determinar los objetivos.

En este sentido es importante identificar cuáles son los elementos que se vinculan con el problema en sí. Una vez realizada esta tarea es de suma importancia identificar de qué forma estos elementos se relacionan entre ellos prestando especial atención en las modificaciones de su comportamiento a lo largo del tiempo.

En primer lugar se realizarán hipótesis que permitirán una aproximación a la forma en que funcionan las relaciones del sistema dinámico. Se utilizarán datos históricos para valorar las hipótesis y comprender en profundidad el comportamiento.

Una vez identificado y delimitado el problema debemos observar y definir cómo se vincula éste al sistema de forma global, es decir, cuáles son los elementos del sistema que se relacionan con él tanto de forma directa o indirecta.

Durante nuestro análisis identificamos como problema central el aumento en la generación y déficit en la separación y reciclaje de Residuos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Una vez identificado el problema podemos pasar a la definición del sistema en sí.

7.2.2 Definición del Sistema

Cabe destacar que el sistema que se construirá y estudiará contendrá sólo aquellos elementos y relaciones que se consideren relativos al problema identificado.

El sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí, cuyos estados o atributos se verán afectados ante el cambio (en menor o mayor medida) cuando otro elemento sea modificado.

A la obtención de dichos elementos se llegará, como mencionamos anteriormente, por medio de la observación, discusiones con especialistas y análisis de datos. Luego su análisis indicará si se encuentra relacionado o no al problema estudiado.

Como resultado de esto se realizará un modelo el cual solo abarcará aquellos elementos que tengan una influencia significativa en el comportamiento del sistema.

El crecimiento y desarrollo de los modelos suele darse de forma espiralada, partiendo del problema y al analizar los elementos que se encuentran a su alrededor el modelo los va adquiriendo, ampliando y perfeccionando. Este crecimiento en ocasiones se revierte debido a la falta de una relación fuerte con el problema.

7.3 Comenzando el modelado

7.3.1 Diagrama Causal o Diagrama de Influencia

La primera representación gráfica en que se esboza el resultado del relevamiento inicial es el diagrama causal o de influencia. Su objetivo es constituir el primer bosquejo esquemático del modelo dinámico. En este diagrama representamos únicamente los elementos como globos o círculos y sus relaciones entre sí mediante flechas donde la dirección de la flecha indica cuál elemento influye sobre cuál otro.

Este diagrama permite conocer la estructura de un sistema dinámico. A este nivel de análisis de la estructura, lo único que interesa es si existen relaciones o no; la naturaleza de las mismas será definida más adelante.

A las flechas se le agregará un signo que detalla el tipo de influencia que posee una variable sobre la otra. Para explicitar que la variable de destino se modifica cada vez que lo hace la de origen utilizaremos un signo "+". Por el contrario el signo "-" explicitará que esa

modificación se realizará en sentido contrario.

Así es que por ejemplo: utilizando el tema de este estudio podemos decir que si un incremento en la variable “RSU sin Reciclar” produce un incremento o una disminución en la variable “RSU en CABA a Recolectar, entonces hablamos de una relación positiva.

$$RSR \rightarrow +RR$$

Por otra parte, si hablamos de que la variable “Capacidad de Reciclaje” hace que la variable “RSU sin Reciclar” disminuya, entonces tendremos una relación negativa, y se presenta como:

$$CR \rightarrow -RSR$$

7.3.1.1 Estructuras

A los diagramas causales les sumaremos un análisis estructural de dichas influencias o causas. Para determinar qué tipo de estructura usaremos para delimitar la causa es necesario distinguir entre aquellas estructuras causales simples y complejas.

La estructura causal simple está compuesta por estructuras entre las que no se produce ningún tipo de interacción, en cambio en las estructuras causales compuestas sí se produce esta interacción. Dicha interacción se da en cadenas cerradas de relaciones causales.

Incluso estas cadenas pueden generar bucles de realimentación. Los mismos son los responsables de que una variación que comenzó en un elemento vuelva a él luego, como un círculo.

7.3.1.2 Bucles de Realimentación Positiva o de Refuerzo

Como dijimos antes, la relación positiva hace que una variación en una variable genere ese mismo resultado en otra variable. Ahora, cuando se produce un bucle positivo dicha variación vuelve a la primer variable “modificadora” reforzando el efecto de este cambio. Y este refuerzo genera que nuevamente se active la cadena en la que la variable I modifica a la II reiniciando el proceso. Es decir, se producirá un comportamiento explosivo que dará como

resultado crecimiento acelerado o deterioro acelerado.

Se considera positivo también a un bucle resultante de un par de relaciones negativas.

7.3.1.3 Bucles de Realimentación Negativa o de Equilibrio

Al contrario que el de tipo positivo, el bucle de realimentación negativa se transmite determinando que la variación contrarreste a la original. Si se produce un aumento en un elemento disparador determina un aumento en su subsiguiente y así hasta que al cerrar el bucle provoca una disminución del elemento disparador.

Hablamos entonces de un comportamiento auto corrector. Cualquier variación que se produzca en uno de los elementos del bucle tiende a anularse. Tiende a crear el equilibrio.

Un bucle realimentado es negativo si contiene un número impar de relaciones negativas.

7.3.1.4 Tiempo en los Bucles de Realimentación

Ya que los bucles no son otra cosa que influencias de retroalimentación, para producirse de forma completa necesitan tiempo. No todas las acciones e influencias de elementos sobre otros son instantáneas.

Cuando el efecto de una variable sobre otra lleva tiempo, se hacen presentes las demoras. Dichas demoras pueden generar efectos positivos o negativos. Esto dependerá de si son identificadas o no, ya que si son ignoradas pueden producirse excesos.

Es así que las decisiones terminarían yendo más lejos de lo necesario para lograr un resultado puntual o en el caso de un modelo, se alejaría de la realidad.

7.3.1.5 Representación de Estructuras de Realimentación

Las interacciones entre los bucles de realimentación positiva y los bucles de realimentación negativa definen, generalmente el comportamiento global del sistema

Ante la presencia de ambos tipos de bucles el comportamiento final dependerá de cuál es el dominante en un momento determinado.

El concepto de bucle es muy útil porque nos permite partir desde la estructura del

sistema que analizamos y llegar hasta su comportamiento dinámico. Si un sistema oscila persistentemente, o se halla en equilibrio, o decae con rapidez, podemos identificar las razones estructurales y decidir cómo modificar los bucles causales que lo van a alterar.

La aplicación de esta forma de actuar se extiende desde el control de un proceso industrial, al seguimiento de la diabetes, variaciones de los precios de las materias primas y el crecimiento económico, entre otros ejemplos.

Pero la utilidad más importante de esta concepción es comprender cómo la estructura de los sistemas provoca su comportamiento.

7.3.1.6 Elemento limitativo de un modelo

El crecimiento de un sistema se encuentra limitado por el elemento limitativo. Es un único elemento en cada momento pero generalmente a lo largo del tiempo, distintos elementos pueden ir tomando esta función.

Es importante entender que las modificaciones del elemento limitativo también modifican los elementos que conforman el sistema. Cuando el elemento limitativo deja de serlo se produce el crecimiento y se cambia la proporción entre los elementos hasta que uno nuevo se convierta en limitativo. Es en este momento en el cual es clave enfocarse en el próximo elemento limitativo avanzando en la comprensión del sistema y pudiendo controlar con eficacia la evolución de los sistemas. Puede observarse en la oración anterior que el elemento limitativo es dinámico pudiendo ser un elemento en el momento T1 inicial y otro en otro momento T2. Es posible visualizar entre muchos elementos potencialmente limitantes cual es el que se agotará primero.

7.3.1.7 Elemento Clave de un Modelo

El elemento clave es aquel que es el punto de palanca. El apalancamiento es clave para poder influir en un sistema determinado. Este punto puede estar formado por uno o más elementos los cuales suelen mantenerse durante el tiempo sin variar (Si varía su valor).

Este tipo de elementos no resultan evidentes y realizar la tarea de identificarlos puede resultar en un gran esfuerzo, pero es muy conveniente conocerlos ya que permiten conseguir grandes cambios en el sistema aplicándoles mínimas variaciones. Sin embargo muchas veces

cuando se busca un objetivo y se aplica el esfuerzo en los elementos equivocados (No clave) y se obtienen los cambios con un costo mayor al que se tendría de aplicar el esfuerzo en los elementos clave consiguiendo iguales resultados.

Jay Forrester, nos indica las siguientes directrices para la identificación de dichos elementos clave:

1. Es necesario conocer el sistema por dentro, sea cual sea la naturaleza del problema planteado. No hay que dejar que nos influyeran en nuestro análisis las indicaciones que apuntan hacia aspectos coyunturales o superficiales, por muy visibles que sean.

2. A menudo un pequeño cambio, en una o unas pocas políticas puede solucionar el problema fácil y definitivamente.

3. Los elementos clave suelen ser descartados o no relacionados con el problema que analizamos. Son raramente objeto de atención o discusión, y cuando se le identifica, nadie puede creer que se halle relacionado con el problema.

4. Si ocurre que un elemento clave ha sido identificado previamente por alguien, no es extraño que se haya actuado sobre él en la dirección equivocada, intensificando gravemente el problema.

Realizar estudios de sensibilidad en los modelos nos permite identificar que elementos influyen decisivamente en el comportamiento general y ayudarnos a conocer a los elementos claves.

7.3.2 Diagrama de Forrester

Una vez que se cuenta con el diagrama causal o de influencia validado, se requiere realizar una clasificación de todos los elementos que lo componen. Esta clasificación se realiza dentro de los siguientes grupos: Variables de nivel, variables de flujo o variables auxiliares.

Desde aquí, se traduce el diagrama causal a una terminología que permite la escritura de ecuaciones y modelado en una computadora para poder realizar análisis de sensibilidad y observar la evolución temporal.

7.3.2.1 Elementos del Diagrama de Forrester

Las variables de nivel corresponden a las variables de estado de la teoría de sistemas y representan las variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema. Los niveles acumulan material a través de los canales de material, que son controlados por las válvulas. El flujo de la materia es estrictamente conservativo.

Las variables de flujo o válvulas, definen el comportamiento del sistema, ya que determinan la velocidad del flujo de materia (a través de los canales de material) de acuerdo a un conjunto de ecuaciones asociadas. Las ecuaciones dependen de la información que las válvulas reciben del sistema (niveles, variables auxiliares y parámetros) y del entorno (variables exógenas). La información se transmite instantáneamente a través de los canales de información.

Las variables auxiliares corresponden a pasos intermedios en el cálculo de las funciones asociadas a las válvulas; se utilizan para simplificar el proceso, bien porque ciertos cálculos matemáticos se emplean en varias ecuaciones o bien porque tienen cierto significado o interpretación física que puede ser interesante observar, pero en cualquier caso no aportan más potencia de modelado.

Las nubes representan fuentes y sumideros, es decir, una no determinada (infinita) cantidad de material, y las constantes (parámetros) representan simplemente valores fijos del sistema.

La interacción del sistema con el exterior se representa con las variables exógenas, cuya evolución se supone independiente a la del sistema.

Los retrasos pueden afectar a la transmisión del material o de información, pero en ambos casos tampoco introducen mayor capacidad descriptiva; ya que simplemente en notación compacta los elementos que reproducen el retraso.

7.3.2.2 Simulación del comportamiento del modelo

Se definen e ingresan al software las ecuaciones que utilizaremos para definir el comportamiento e indicarán al programa como interpretar nuestra visión del sistema. Si bien existen varias herramientas para este tipo de aplicación, en el presente trabajo utilizamos

VensimPLE.

Se asignan valores numéricos a todas las variables definidas, a las funciones y a las tablas. Estos parámetros y valores ingresados sirven como punto de referencia para el estudio del comportamiento a futuro en torno de un problema.

De no poseer valores se puede partir de valores aproximados para poseer una idea del comportamiento del modelo. Una vez obtenido el comportamiento se pueden identificar el conjunto de parámetros cuyos valores alteran significativamente el comportamiento del modelo en respuesta a diferentes políticas. Las variables obtenidas en el análisis de sensibilidad deben ser lo más precisas posibles ya que pequeños cambios afectan severamente el comportamiento del modelo.

7.3.2.3 Comportamiento dinámico del modelo

Cuando se ejecuta el modelo, la salida proporcionada se corresponde con la evolución en el tiempo de los parámetros estudiados. Es una buena práctica la ejecutar el modelo con un set de datos histórico conocido con el objeto comparar las salidas resultantes de ese set de datos con la realidad observada y, en base a las diferencias y similitudes, redefinir o ajustar el modelo para obtener los resultados esperados.

El juicio sobre la forma en que un modelo satisface los criterios anteriores no debe restringirse a la consideración de la información cuantitativa disponible ya que la mayor parte de los conocimientos relevantes sobre los sistemas sociales están en forma cualitativa, en manos de expertos en el campo que nos movemos. Un modelo dinámico, nunca es único ni incuestionable.

La evolución de las distintas variables del modelo en el tiempo, permiten la validación de los resultados obtenidos mediante la simulación respecto a los resultados que fueron realmente observados.

El modelo se irá perfeccionando, corrigiendo defectos e introduciendo mejoras mediante sucesivas simulaciones y consecuentes análisis y evaluaciones hasta alcanzar un grado satisfactorio de validación. Este modelo es aquel que cumple los objetivos fijados.

7.3.2.4 Realizar el análisis del sistema, analizar los resultados.

Con el modelo ajustado y obteniendo los valores esperados en el caso base, se podrá comenzar a experimentar con el modelo con el fin de localizar factores clave mediante el análisis de sensibilidad o evaluar distintas políticas.

El modelo terminado, debe ser un modelo relativamente simple y comprensible para los receptores del resultado, ya que, el elevado esfuerzo y tiempo que requiere la obtención de un modelo complejo puede ser tan costoso y complicado como la realidad misma que busca esquematizar. Esto dificultaría la comunicación y serviría de muy poca ayuda a la resolución del problema inicial.

8. Sección IV - Construcción del modelo.

Nuestro principal objetivo es demostrar como efectivamente la reducción de los RSU generados, su reciclaje y efectividad en la recolección, hacen que cada vez menos volumen de los mismos se dirijan a los rellenos sanitarios y a su vez, impacte económicamente en las arcas de la Ciudad. Como primera medida, pensamos nuestro modelo en torno a la incumplida Ley de Basura Cero ya mencionada. Esta Ley es central para nuestro modelo, ya que hace hincapié en la reducción cada vez más pronunciada de la generación de RSU, tema que nuestro modelo demostrará en diversas corridas.

Los puntos principales de apalancamiento son la reducción de la generación por parte de la buena voluntad y conciencia de los ciudadanos, los esfuerzos en separación y reciclaje por parte del gobierno de CABA, la decisión política de este tema, la efectividad en el reciclaje y la cantidad de camiones a disponer para una correcta recolección.

Brevemente se explicarán estos puntos: la reducción por parte de los ciudadanos depende íntegramente de ellos y es la acción de separación física de los RSU. Ésta facilita en gran medida el reciclaje y tratamiento. Los esfuerzos en separación y reciclaje por parte del gobierno de CABA hace referencia a las acciones adicionales que el gobierno realiza como colaboración con las de los ciudadanos o bien para paliar su posible inacción. La decisión política será el disparador para permitir si CABA toma la decisión de incurrir en estos gastos y colaborar, la efectividad en el reciclaje es el porcentaje en el cual el volumen entrante de RSU es definitivamente reciclable, que hará que el resto de ese volumen se dirija a recolección. La cantidad de camiones es clave para demostrar que a medida que se va reduciendo lo generado también se podrá reducir la cantidad de camiones que ya no serán necesarios.

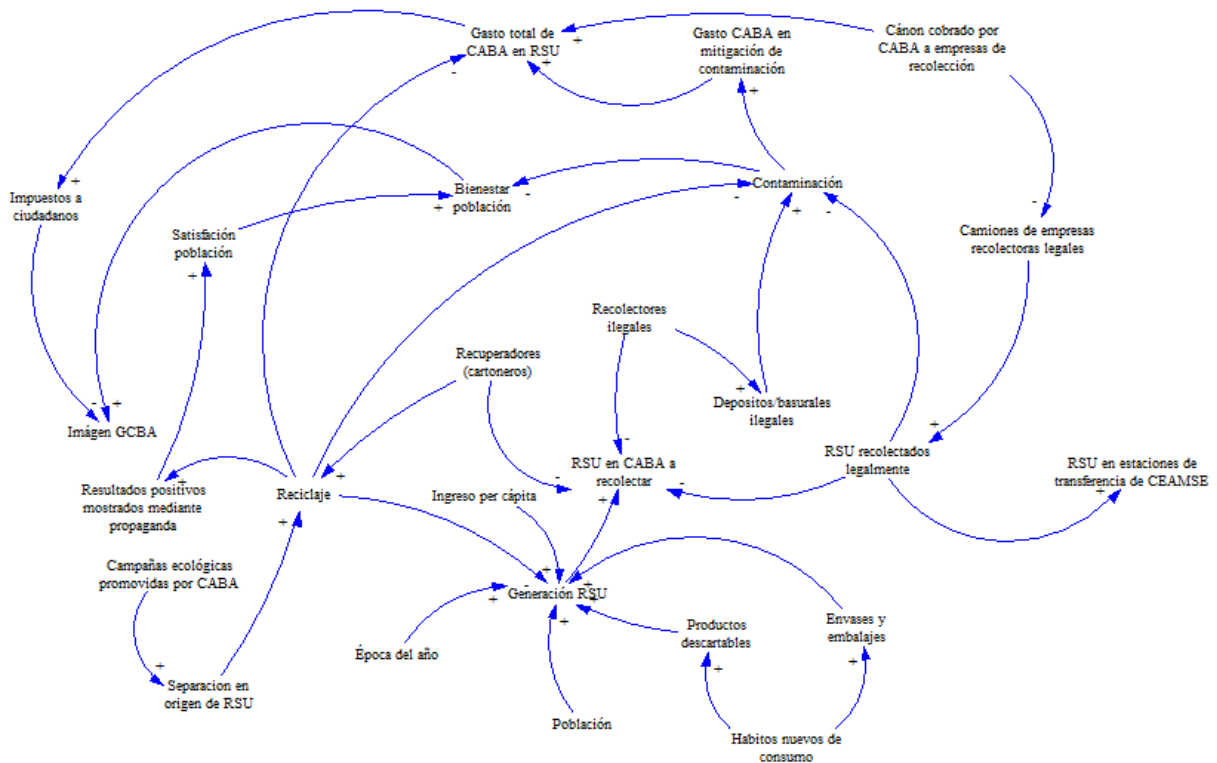
El modelo consta de cuatro sub-módulos: modulo de generación de RSU, modulo de recolección de RSU, modulo de transporte, y modulo financiero.

Pero antes de especificarlos, describiremos los diagramas causales que derivaron en el definitivo, y en el que luego se basó el diagrama de Forrester.

8.1 Diagramas de influencias

Versión 1

Figura 14: versión 1 del diagrama de influencias

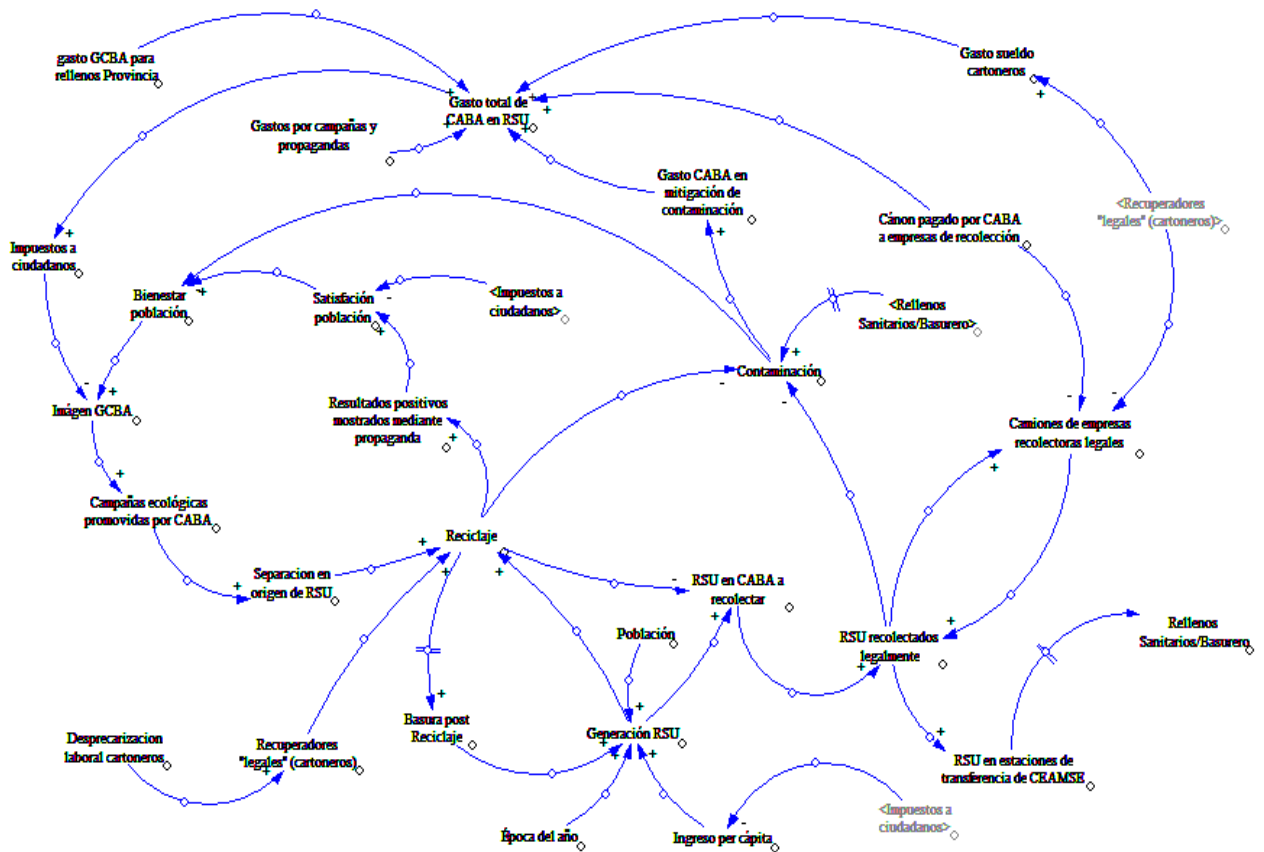


En esta primera versión del diagrama causal o de influencias, encontramos un gran número de variables, siendo las centrales, Generación RSU, RSU en CABA a recolectar, Ingreso per cápita, Campañas ecológicas promovidas por CABA, Imagen de CABA, Contaminación, entre otros. Como se puede observar, este modelo es muy detallado y engloba módulos que, con el pasar del tiempo en el análisis, nos dimos cuenta teníamos que reducir. Esta decisión se basó en que el modelo tiene que ser lo más compacto, sencillo y sintético posible para un mejor entendimiento de las relaciones y los impactos.

A continuación se detalla la segunda iteración:

Versión 2

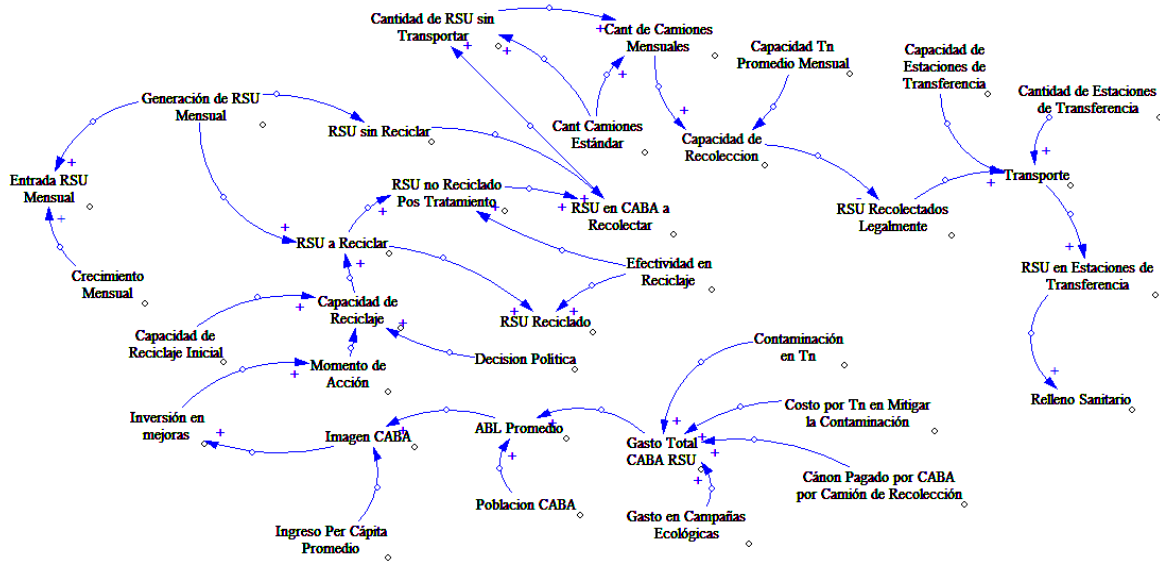
Figura 15: versión 2 del diagrama de influencias



Aquí avanzamos en el procesamiento del diagrama de influencias anterior con la diferencia siguiente: se considera una posible desprecarización laboral de los recolectores urbanos, con el abono de un sueldo y condiciones laborales. A continuación se mostrará la simplificación del modelo que lo acerca más al último realizado.

Versión 3

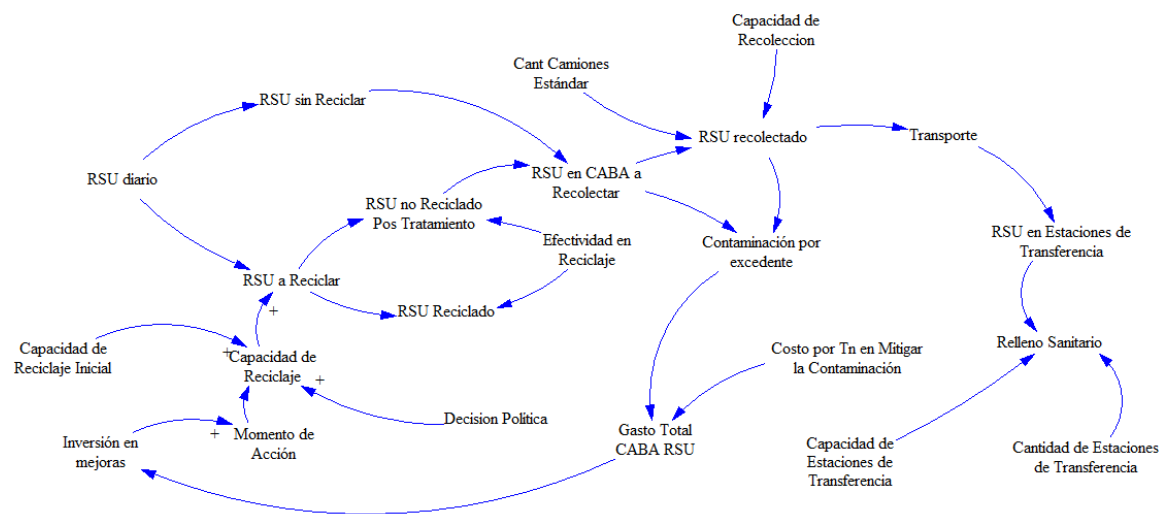
Figura 16: versión 3 del diagrama de influencias



En esta iteración del diagrama de influencias hubo una simplificación importante de conceptos en pos de la claridad del sistema. Por ejemplo, limitamos nuestro modelo en la parte de recolección de los recuperadores urbanos a solamente reflejarlo en el reciclaje en sí.

Versión 4

Figura 17: versión 4 del diagrama de influencias



En esta última iteración, principalmente se cambia la variable auxiliar “entrada RSU mensual” por una variable en tiempo diario, dado que las corridas del modelo otorgaban mejores y más precisos resultados si la unidad de tiempo eran en días. Se elimina la variable auxiliar “Imagen CABA”, dado que preferimos direccionar el modelo a variables de naturaleza cuantitativas, lo que permite llegar a un resultado más equiparable con la realidad. A su vez se eliminó la variable “Población CABA”, porque el crecimiento o variabilidad positiva de la población de la ciudad es muy baja y no altera los resultados. También, las variables “ABL promedio” y “Gasto en campañas ecológicas” se retiraron, pues se simplificó el tema en las variables de gasto total e inversión. Se cambiaron los nombres de algunas variables para hacerlas más representativas, como ser “Capacidad de recolección” y “Contaminación en Tn”.

8.2 Diagrama de Forrester

En base al último diagrama de influencias, se construyó el diagrama de Forrester, que como se mencionó anteriormente, es el diagrama final con el que se correrán las simulaciones y consta de variables de nivel, auxiliares y de flujo. El producto final de estas simulaciones permitirá conocer el impacto de la generación, el reciclaje y la recolección conscientes de manera que se pueda observar fehacientemente que la reducción de los mismos es posible y económicamente conveniente.

Como primera medida, para pasar del último diagrama de influencias al Forrester, hay que clasificar las variables en:

- Variables de nivel (representadas por rectángulos y son las que se nutren de los caudales que regulan las variables de flujo).
- Variables auxiliares (las que procesan anteriormente datos y contribuyen para alguna variable de nivel próxima).
- Variables de Flujo (las que regulan el flujo hacia y desde las variables de nivel).

A continuación se clasificarán las variables y explicarán otras características según la tipificación anterior:

Tabla XIV: descripción de variables del diagrama de Forrester

Nombre de la variable	Breve descripción	Clase de variable	Unidad de la variable
RSU Diario	Volumen de RSU generado por todos los habitantes por día en CABA.	Variable Auxiliar	Toneladas/día
RSU sin reciclar	Sección de volumen del RSU diario que no es susceptible de ser reciclable y debe ser dispuesto	Variable Auxiliar	Toneladas/día
RSU a Reciclar	Sección de volumen del RSU diario que es susceptible de ser reciclable	Variable Auxiliar	Toneladas/día
RSU no Reciclado Pos Tratamiento	Volumen de RSU que no pudo ser reciclado luego del proceso.	Variable Auxiliar	Toneladas/día
RSU Reciclado	Volumen de RSU que sí pudo ser efectivamente reciclado y vuelve al sistema.	Variable Auxiliar	Toneladas/día
Efectividad en Reciclaje	Porcentaje o porción de los residuos reciclables que efectivamente se reciclan. La efectividad hace que a su vez haya una porción de los reciclables que no vuelven al sistema por errores en la separación o limitaciones del sistema de reciclaje.	Variable Auxiliar	Porcentaje (%)

Nombre de la variable	Breve descripción	Clase de variable	Unidad de la variable
RSU en CABA a Recolectar	Volumen de RSU que componen los RSU efectivamente reciclados y los no reciclables, es decir, finalmente los residuos que deben ser recolectados.	Variable Auxiliar	Toneladas/día
Cantidad de Camiones	Cantidad de camiones de recolección disponibles	Variable Auxiliar	Unidad
Capacidad en Tn.	Capacidad de carga de RSU de los camiones de recolección	Variable Auxiliar	Toneladas
Transporte	Volumen de RSU que son transportados por los camiones recolectores hacia las Estaciones de Transferencia	Variable de Flujo	Toneladas/día
RSU en Estaciones de Transferencia	Volumen de RSU presentes físicamente en las estaciones de transferencia	Variable de Nivel	Toneladas/día
Cantidad de Estaciones de Transferencia	Cantidad de estaciones de transferencia utilizadas o potencialmente necesarias	Variable Auxiliar	Unidad
Capacidad de Estaciones de Transferencia	Capacidad en volumen de RSU que cada estación de transferencia soporta	Variable Auxiliar	Toneladas/día
Relleno Sanitario	Volumen de RSU que es finalmente dispuesto en Rellenos Sanitarios de AMBA.	Variable de Flujo	Toneladas/día

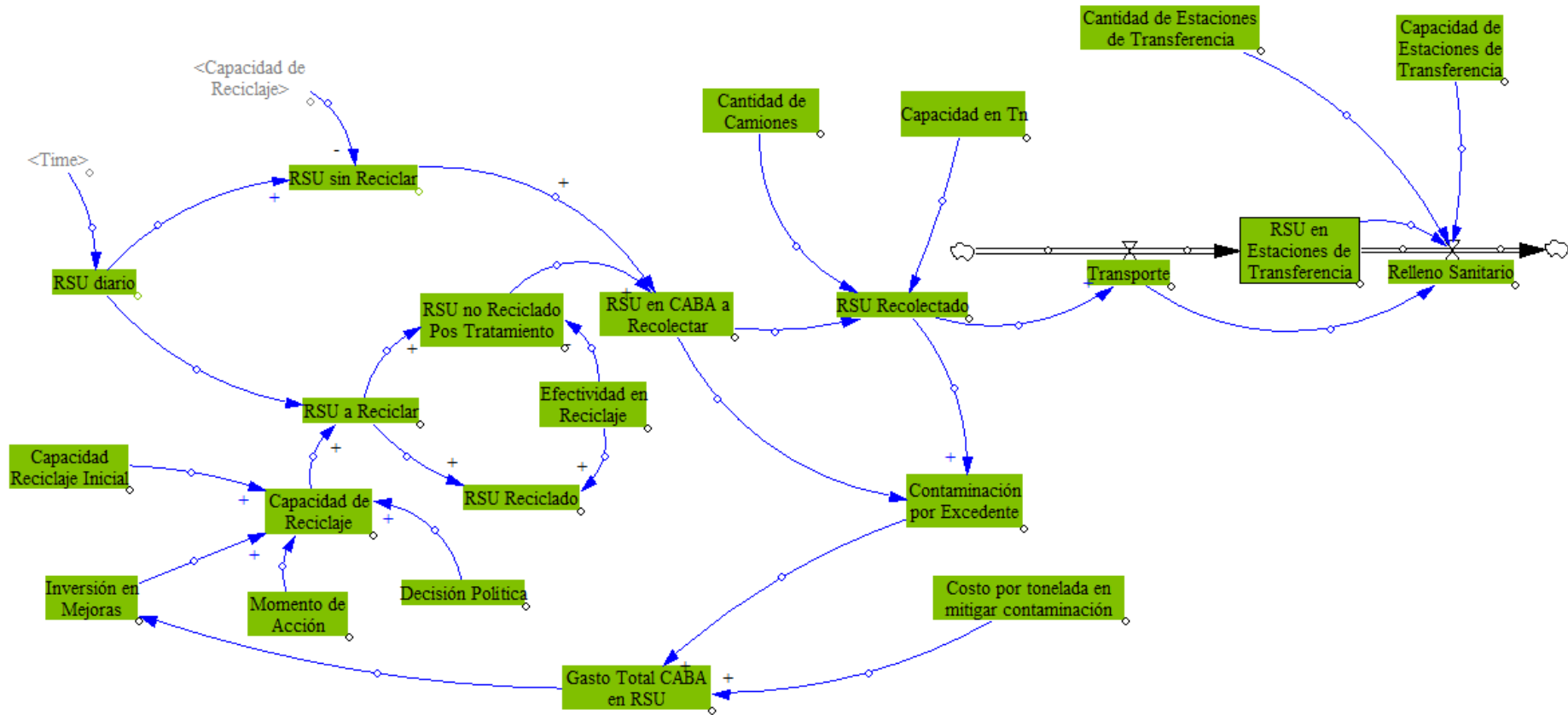
Nombre de la variable	Breve descripción	Clase de variable	Unidad de la variable
Contaminación por Excedente	Volumen de RSU que al no poder ser recolectado queda en las calles y produce contaminación	Variable Auxiliar	Toneladas/ día
Costo por tonelada en mitigar contaminación	Costo económico en el que CABA incurre para mitigar la contaminación de los residuos no recolectados (comparable al costo por tonelada detallado en el apartado de Costos).	Variable Auxiliar	Pesos (\$)
Gasto Total CABA en RSU	Costo económico total en el que CABA incurre para manejar los RSU no recolectados y sus consecuencias.	Variable Auxiliar	Pesos (\$)
Inversión en Mejoras	Porcentaje potencial que se agrega a la capacidad de reciclaje debido a estricta acción de CABA.	Variable Auxiliar	Porcentaje (%)
Momento de Acción	Días de retardo en el cual se aplican las políticas de reciclaje del Gobierno de la Ciudad	Variable Auxiliar	Días
Decisión Política	Switch que determina la aplicación o no de las medidas de reciclaje del Gobierno de la Ciudad	Variable Auxiliar	Booleana

Nombre de la variable	Breve descripción	Clase de variable	Unidad de la variable
Capacidad de Reciclaje	Porcentaje total de la capacidad de reciclaje aplicada, que encierra la capacidad de reciclaje de los ciudadanos con la del Gobierno de CABA	Variable Auxiliar	Porcentaje (%)

A continuación el diagrama de Forrester:

Diagrama de Forrester definitivo

Figura 18: diagrama de Forrester definitivo



8.2.1 Explicación integral del modelo

Nuestro modelo simulará el comportamiento de diferentes variables del sistema de generación y recolección de residuos de CABA. Con la edición de las variables en cuanto a sus valores, se buscará ejemplificar los diversos escenarios posibles en el futuro. Se estimó una proyección a diez años, más precisamente hasta el 2024, lo cual supone un periodo aun superior al pactado en la Ley de Basura Cero (estimado hasta 2020).

Se buscará demostrar el impacto que causa la gestión de los RSU tanto en la disposición final, como en los camiones necesarios para recolectarlos, como en los costos para mitigar la contaminación de los excedentes. En síntesis, el modelo demostrará qué cantidad de RSU se proyectan a diez años, las posibilidades de reciclaje y reducción de RSU que pueden hacer que esos volúmenes en disposición final se reduzcan notoriamente.

Vale la importante aclaración que el modelo construido se asemeja más a un modelo de reacción difusión, que a un modelo con loops, más allá de que los posea. Esto se observará en el punto en que los resultados a mostrar, serán los de las variables que representan los volúmenes finalmente dispuestos (potencialmente), así como esto conllevaría a reducir la cantidad de camiones a utilizar, las estaciones de transferencia y los costos para mitigar la contaminación.

Asimismo, vale destacar que lo que más interesa mostrar aquí es la organización espacial en el seno del sistema, es decir cómo se comportan los volúmenes de RSU a través de las diferentes variables o componentes del sistema, y cómo se reducen potencialmente aplicando los principios enunciados por la Ley de Basura Cero.

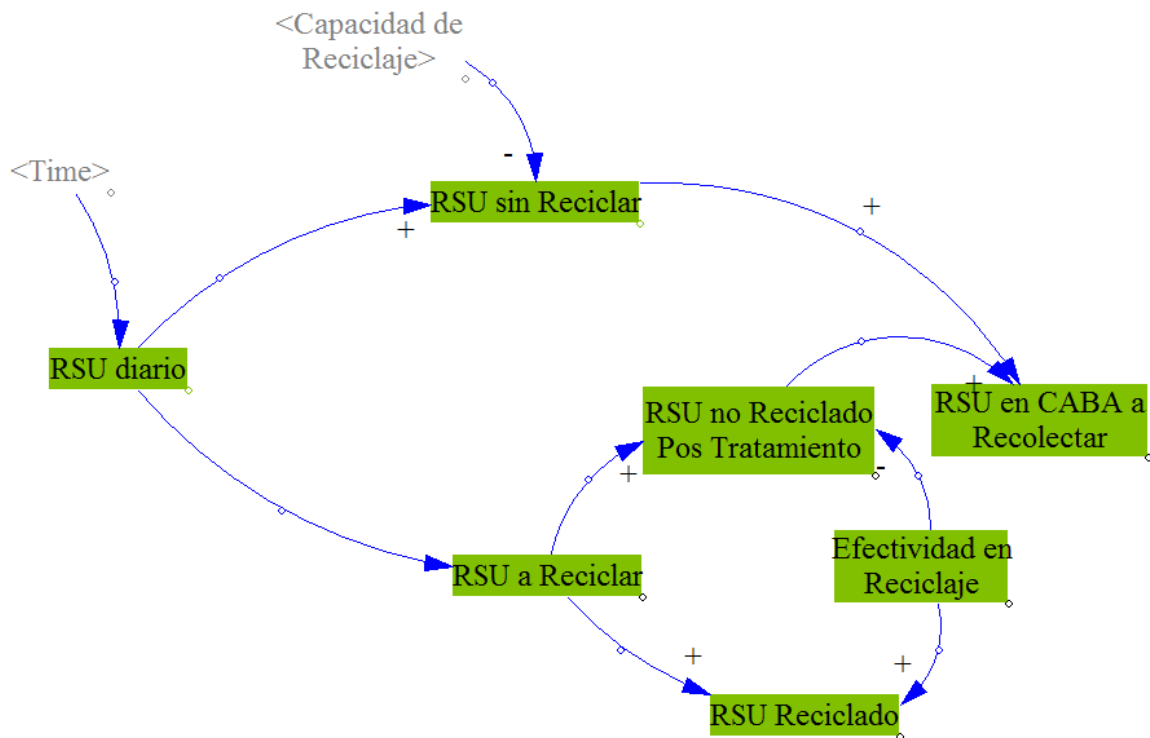
8.2.2 Módulos componentes del diagrama de Forrester

A continuación se detallarán los diferentes módulos que componen el modelo final, explicando su función y comportamientos dentro del sistema.

El primer modulo a explicar es el modulo de “Generación”, siendo el más relevante de todos por ser el módulo fuente de alimentación del sistema y en cual se toman las decisiones más importantes para la reducción de los RSU y su posterior manejo.

8.2.2.1 Módulo de Generación

Figura 19: Modulo de Generación del diagrama final

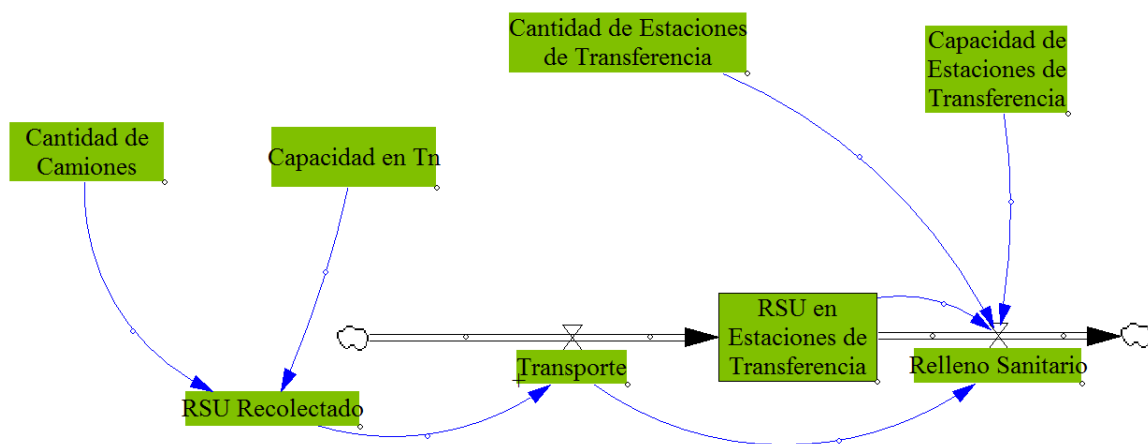


Como primera medida, la entrada de datos del modelo será la variable RSU Diario, que contendrá la ecuación de proyección de RSU diario a generar durante los próximos diez años, según las ecuaciones previamente mencionadas durante el relevamiento y el análisis de los datos. El resultado, como se verá posteriormente, será una curva en cartesiana en forma de escalera que reflejará año a año cómo estimativamente crecerá la generación de RSU en CABA. Luego, estas cantidades se desagregan en RSU sin Reciclar y RSU a Reciclar. La primera hace referencia a los volúmenes de RSU del total generado que no son plausibles de ser reciclados (estos materiales fueron mencionados en el relevamiento, así como su intervención en la composición total). Y la segunda, a los RSU que sí son plausibles de ser reciclados, según los porcentajes entregados por el modulo de reciclaje. De aquí resultan otras dos variables: “RSU no reciclado Pos Tratamiento” y “RSU Reciclado”, y a su vez, las mismas estarán influenciadas por la variable “Efectividad en el Reciclaje”. Esto es, cuán efectivos finalmente serán los procesos de reciclaje que posee CABA para aprovechar los RSU reciclables, y se entiende que el caso ideal es aprovechar el 100% de los materiales.

Entonces, una vez que se concreta este proceso, resulta en los RSU reciclados que volverán al sistema para nuevamente ser consumidos, y los RSU que no pudieron ser reciclados. Finalmente de estos últimos, más los volúmenes de “RSU sin reciclar”, resultarán los “RSU en CABA a Recolectar”, que serán los volúmenes de RSU que los camiones de recolección deben retirar de la ciudad para su posterior disposición. Esto será la alimentación del modulo de “Recolección”.

8.2.2.2 Módulo de Recolección

Figura 20: Modulo de Recolección del diagrama final

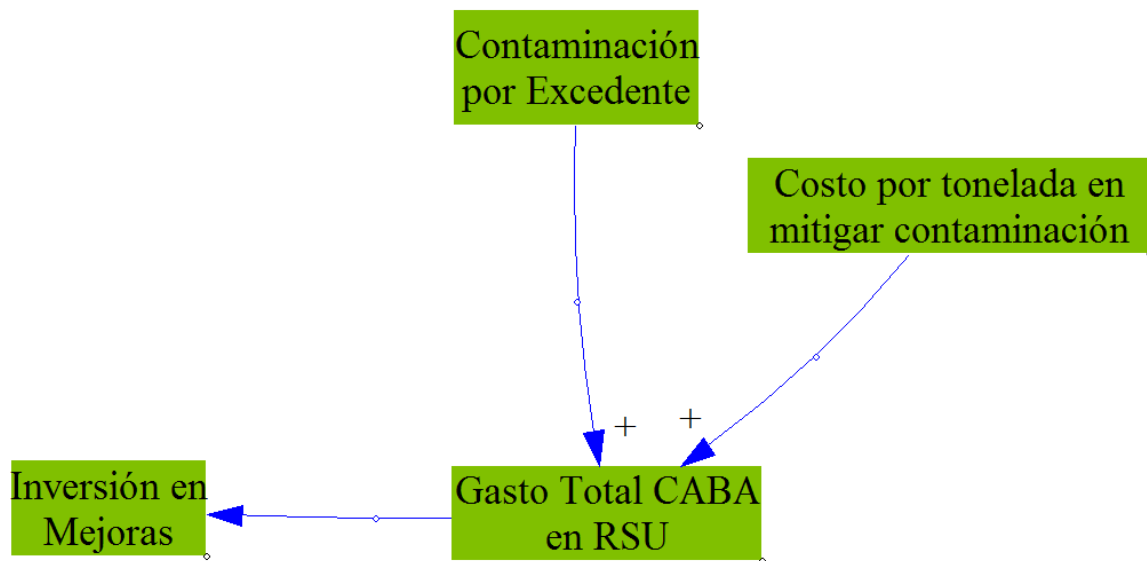


Como se dijo previamente, este módulo se alimenta de la variable “RSU en CABA a Recolectar” del modulo anterior “Generación”. Estas cantidades aquí están reflejadas como “RSU Recolectado” y serán los RSU efectivamente recolectados por los camiones de recolección de las empresas concesionarias. Como se puede prever, podría haber una diferencia entre las capacidades de recolección conjunta de los camiones y los RSU a recolectar (esto se verá en el modulo de “Gastos y Contaminación”). Una vez recolectados los RSU, los camiones los transportarán a las estaciones de transferencia, reflejándose en el modelo por la variable de flujo “Transporte”, que alimentará la variable de nivel “RSU en Estaciones de Transferencia”. Ésta se encargará de acumular los RSU hasta su disposición en

“Relleno Sanitario”, que es cuando las capacidades totales de las estaciones de transferencia se vean saturadas.

8.2.2.3 Módulo de Gastos y Contaminación

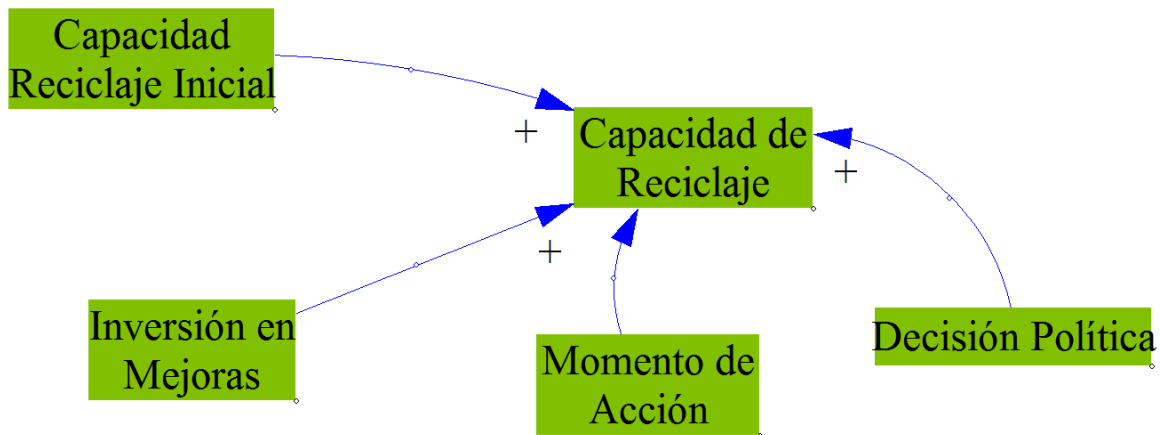
Figura 21: Módulo de Gastos y Contaminación del diagrama final



En este componente modular, la variable “Gasto total CABA en RSU” se verá alimentada por el cálculo que se realiza de las variables “Contaminación por Excedente” y “Costo por tonelada en mitigar contaminación”, que no es más que los excedentes que no son recolectados por los camiones de recolección ya sea porque son deficientes los recorridos o cualquier otra razón de fuerza mayor, o bien que hacen falta más unidades. Entonces la ciudad debe incurrir en un gasto de mitigación de la contaminación por los residuos que no se pudieron recolectar, y a su vez, esto impactará obligatoriamente en la variable “Inversión en Mejoras”. La misma hace referencia a las actividades estrictamente del gobierno que realizará en pos de aumentar el reciclaje por sus propios medios, con el fin de en un futuro incurrir en menos gastos para la mitigación de la contaminación.

8.2.2.4 Modulo de Reciclaje

Figura 22: Modulo de Reciclaje del diagrama final

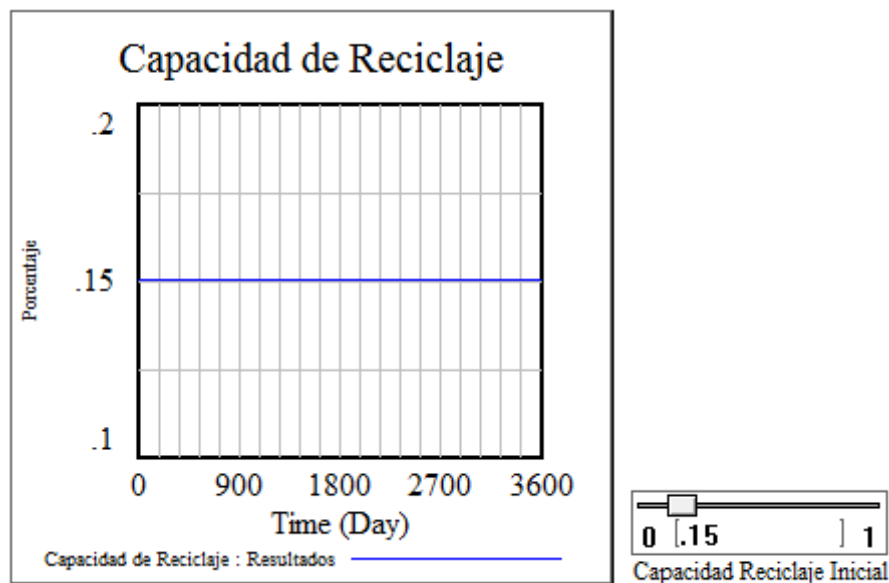


En este modulo se encuentra una de las variables más importantes, que es la “Capacidad de Reciclaje”. La misma se ve alimentada por la “Capacidad de Reciclaje Inicial”, que se refiere al porcentaje de separación de residuos en origen que implementan los ciudadanos autónomamente, la “Inversión en Mejoras” que es una variable que puede corresponder tanto a este modulo como al modulo de “Gastos y Contaminación”. La misma contiene las inversiones que impactarán en la capacidad de reciclaje pero que son producto de acciones que debe tomar el gobierno de separación de residuos, como una actividad complementaria a la que realizan los ciudadanos y es en respuesta a la presencia y posterior contaminación que producen los RSU por una mala gestión de la recolección. Pero a su vez, para que estas actividades den sus frutos, se deberá contar con la “Decisión Política” de realizarlas. Esto se verá reflejado con esa variable que en el modelo se manejará como un switch de valores booleanos. “Momento de Acción” es una variable de relevancia para el funcionamiento de la capacidad de reciclaje, ya que estabiliza el tipo de ecuación “*delay fixed*” que contiene.

8.3 Vista de resultados

Por último en esta sección de diagramas, se mostrará cómo se hará el análisis y despliegue de los resultados utilizando la herramienta Vensim PLE. Una de las utilidades que posee el programa son las vistas de diagramas cartesianos y reguladores de variables:

Figura 23: Ejemplo de vista de resultados



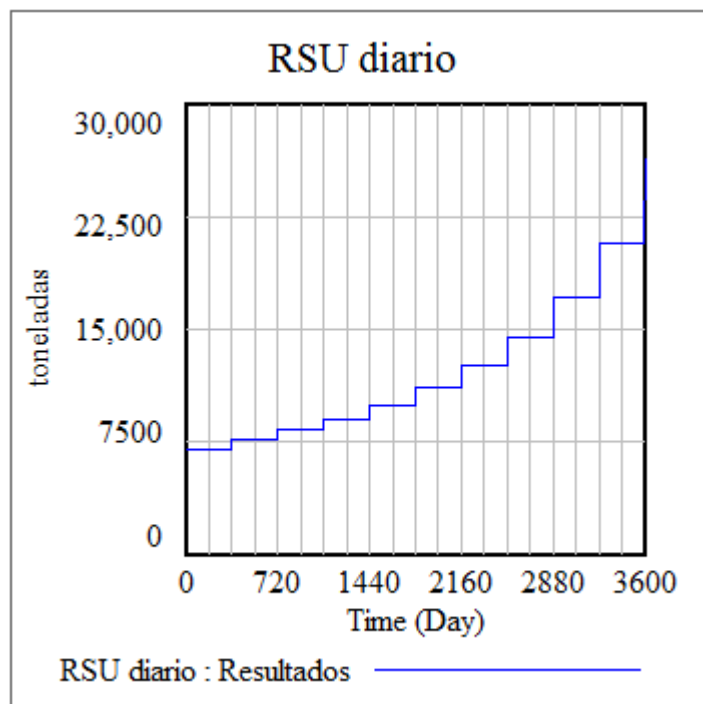
Solo para los fines del ejemplo, se limitó la influencia de la variable de Capacidad de Reciclaje sólo por la Capacidad de Reciclaje Inicial. Entonces, al mover el regulador a un valor específico (0.15 en este caso), el grafico cartesiano mostrará una curva (al ser una constante en este caso es una línea horizontal paralela al eje de las “x”) con el valor de input configurado. Para el caso del modelo completo, la influencia de los reguladores se verá reflejada en más de una curva en la mayoría de los casos y con diversos resultados para analizar

9. Sección V – Resultados Obtenidos

En este apartado se presentarán las diferentes corridas del modelo, con diferentes configuraciones que representen una cierta variedad de escenarios. Estos servirán para ver y analizar los comportamientos en pos de la reducción de los RSU en disposición final y efectividad en la recolección.

Entonces, como primera aproximación, correremos nuestro modelo y mostraremos el comportamiento de la variable “RSU Diario” a lo largo de los próximos diez años:

Figura 24: evolución proyectada a diez años del RSU diario generado en CABA



Aquí se observa una curva escalonada de pendiente creciente para el periodo de los próximos diez años, según la ecuación que fue introducida. Entonces, aquí se entiende que la generación diaria de RSU, será creciente fuertemente y diversas medidas para manejar esta problemática deben ser tomadas.

Luego se procederán a presentar diferentes escenarios, todos sobre la situación actual de generación de RSU:

- Escenario con las políticas y niveles actuales de reciclaje.

- Escenarios con políticas y niveles de reciclaje optimizados.
- Comparación entre escenarios pesimista y optimista.

9.1 Escenario 1: políticas y niveles actuales de reciclaje

Actualmente, solo un 15% del total generado se recicla por separación en origen, con una efectividad cercana al 45%. Siendo estos valores solamente correspondientes a la acción de los ciudadanos, en este escenario no activaremos las medidas tomadas por el Gobierno en este tema. Se configurarán los valores actuales de cantidad de camiones, capacidad, y estaciones de transferencia:

Figura 25: Resultados de escenario 1, parte 1

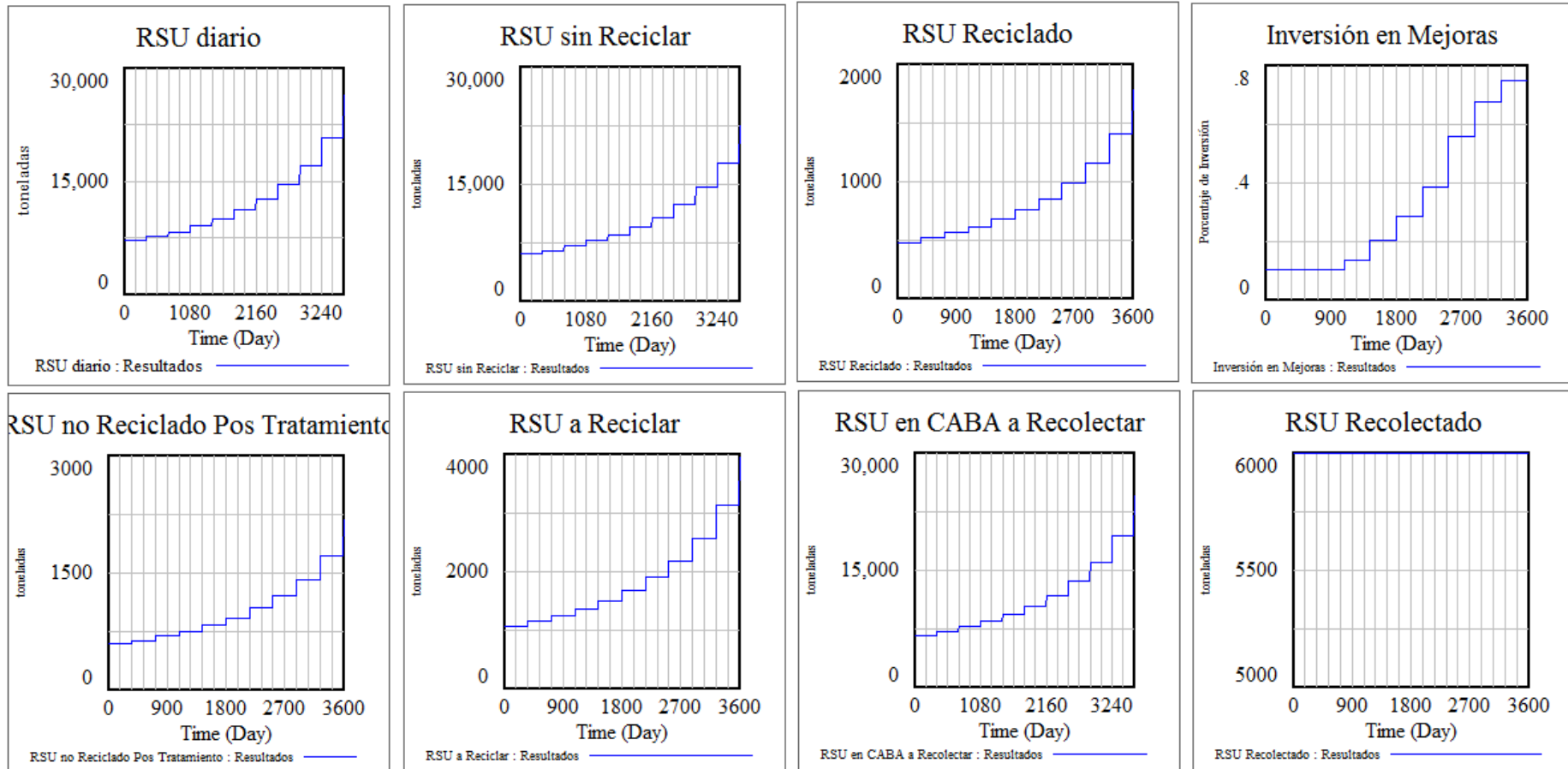
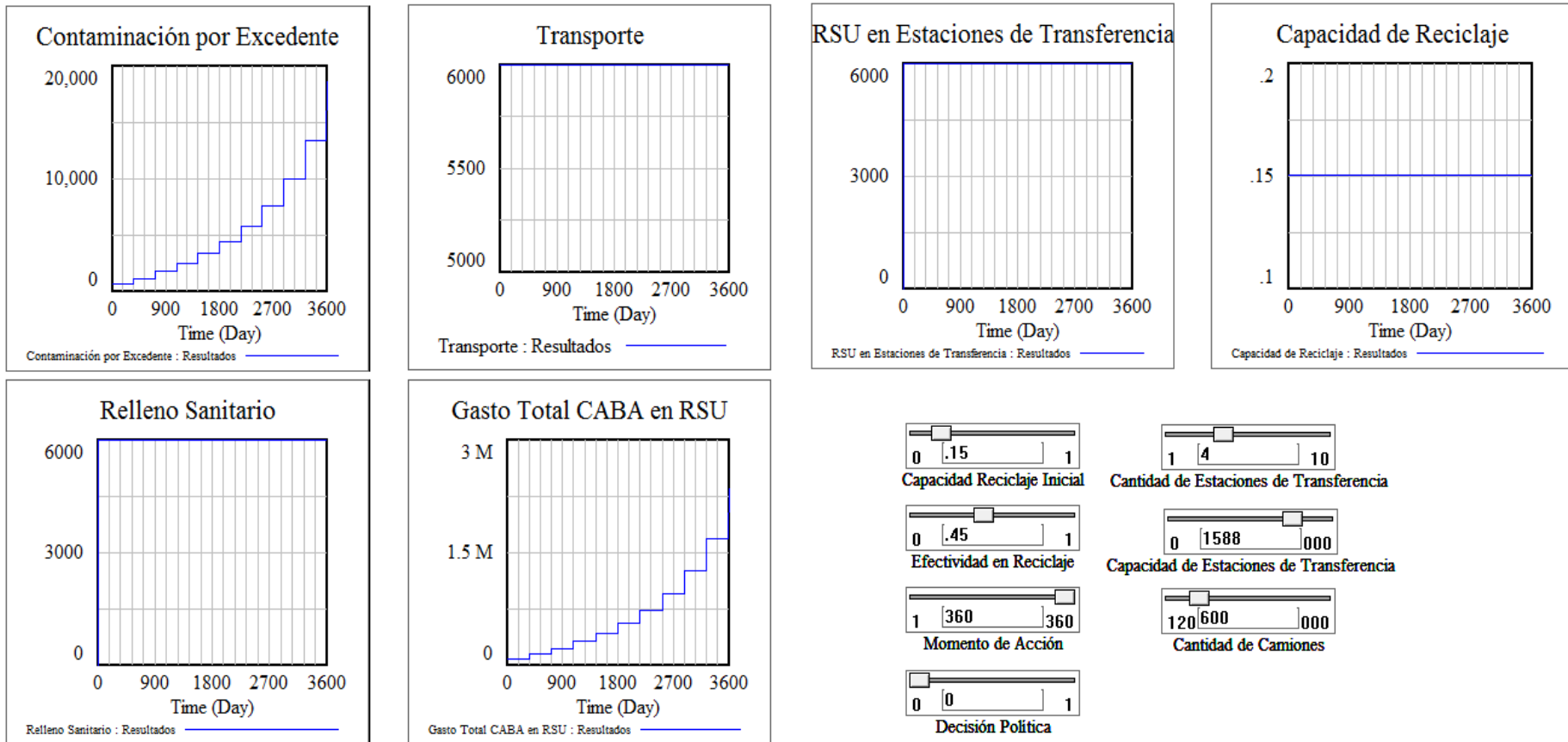


Figura 26: Resultados de escenario 1, parte 2



Se pueden observar los siguientes comportamientos:

- Dado que la situación actual se refleja con tan solo un 15% del reciclaje y una efectividad del 45%, la generación de residuos casi permanece como si realmente no hubiese medidas contra el aumento de la misma.
- Así, se observa que los volúmenes tanto de a reciclar, como de efectivamente reciclados son muy bajos (en torno a las 3000 toneladas proyectadas a 10 años) y con rellenos diariamente saturados, lo que supone un desgaste prematuro del mismo en tan solo unos pocos años.
- Claramente este modelo no se puede sostener en el tiempo, tanto por el excedente de toneladas de RSU creciente a lo largo del tiempo por la falta de camiones para transporte, como del ya mencionado límite de capacidad en los rellenos sanitarios.

9.2 Escenario 2: aumento moderado en capacidad de reciclaje (más efectividad)

Figura 27: Resultados de escenario 2, parte 1

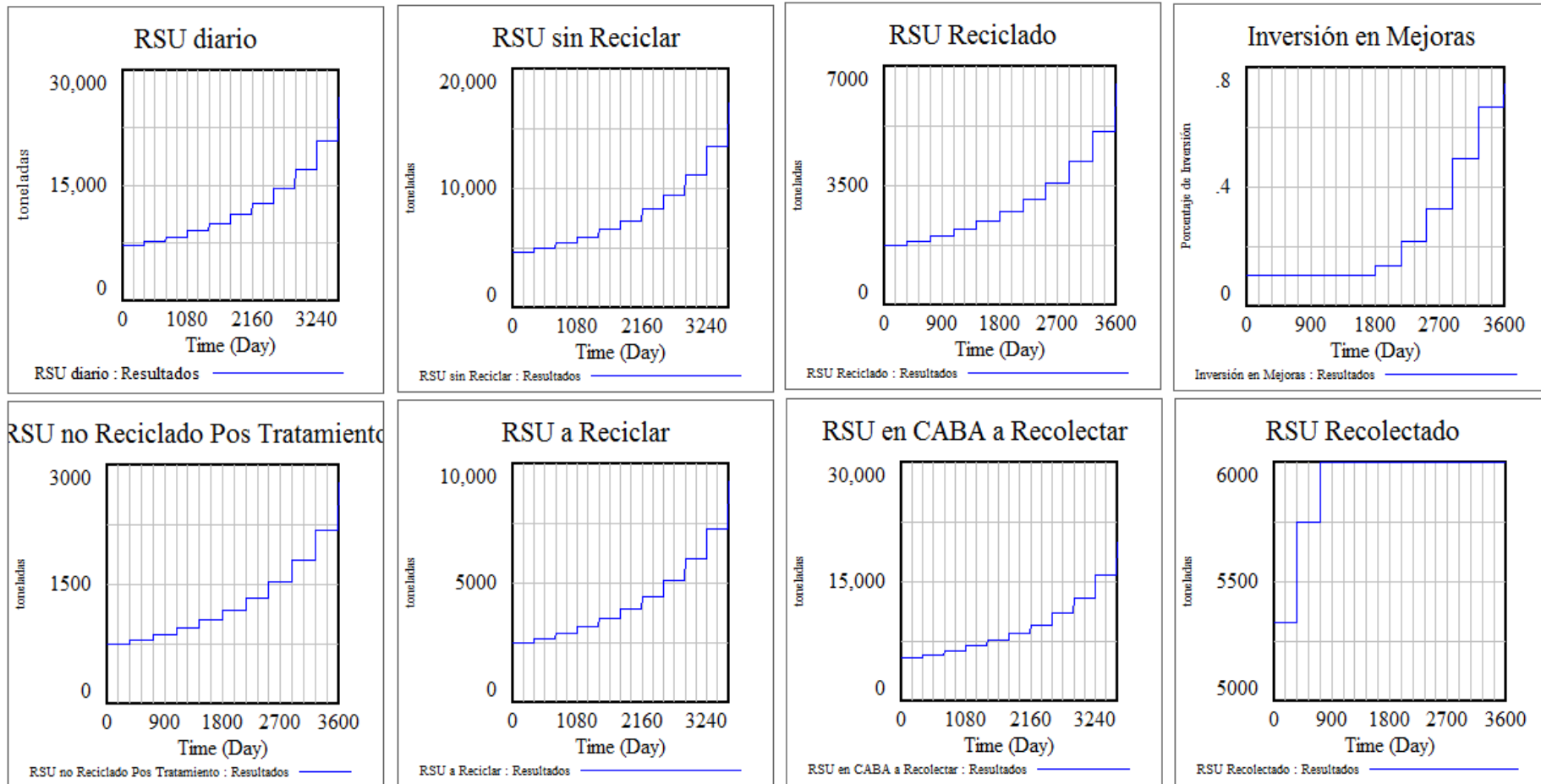
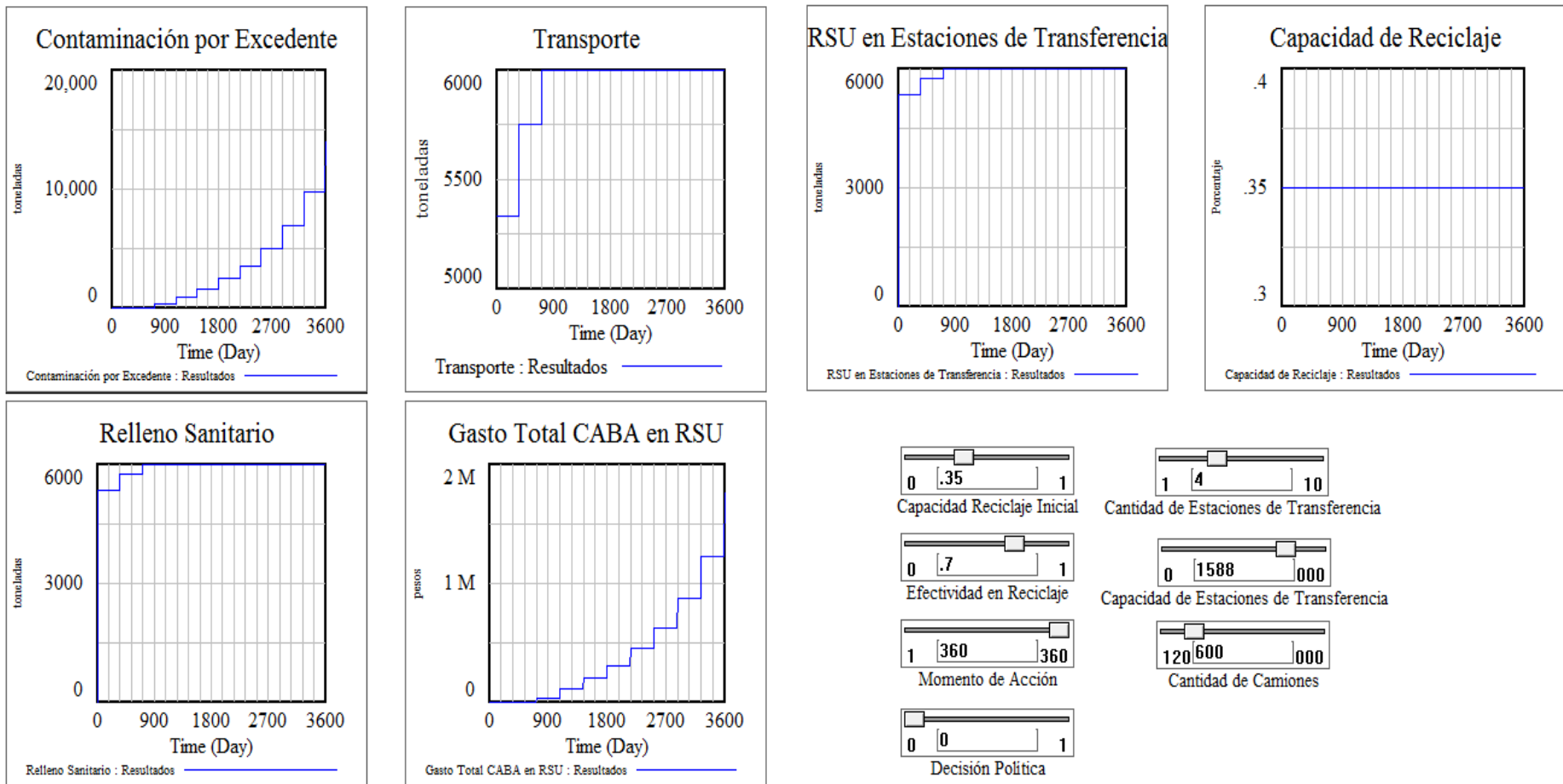


Figura 28: Resultados de escenario 2, parte 2



- Aquí se observa una evolución esperable en el volumen de RSU reciclado (cerca de las 5000 toneladas hacia los diez años).

- Por supuesto, esto hará que el volumen de RSU a recolectar se reduzca, y efectivamente lo hace, así como lo efectivamente recolectado, que durante los primeros años da cuenta de que la cantidad de camiones existentes resulta ociosa, pero que en los años subsiguientes son igualmente necesarios. E incluso, aquí se incurre en el problema de la falta de camiones, por la contaminación causada por los excedentes no recolectados.

9.3 Escenario 3: aumento elevado en capacidad de reciclaje

Figura 29: Resultados de escenario 3, parte 1

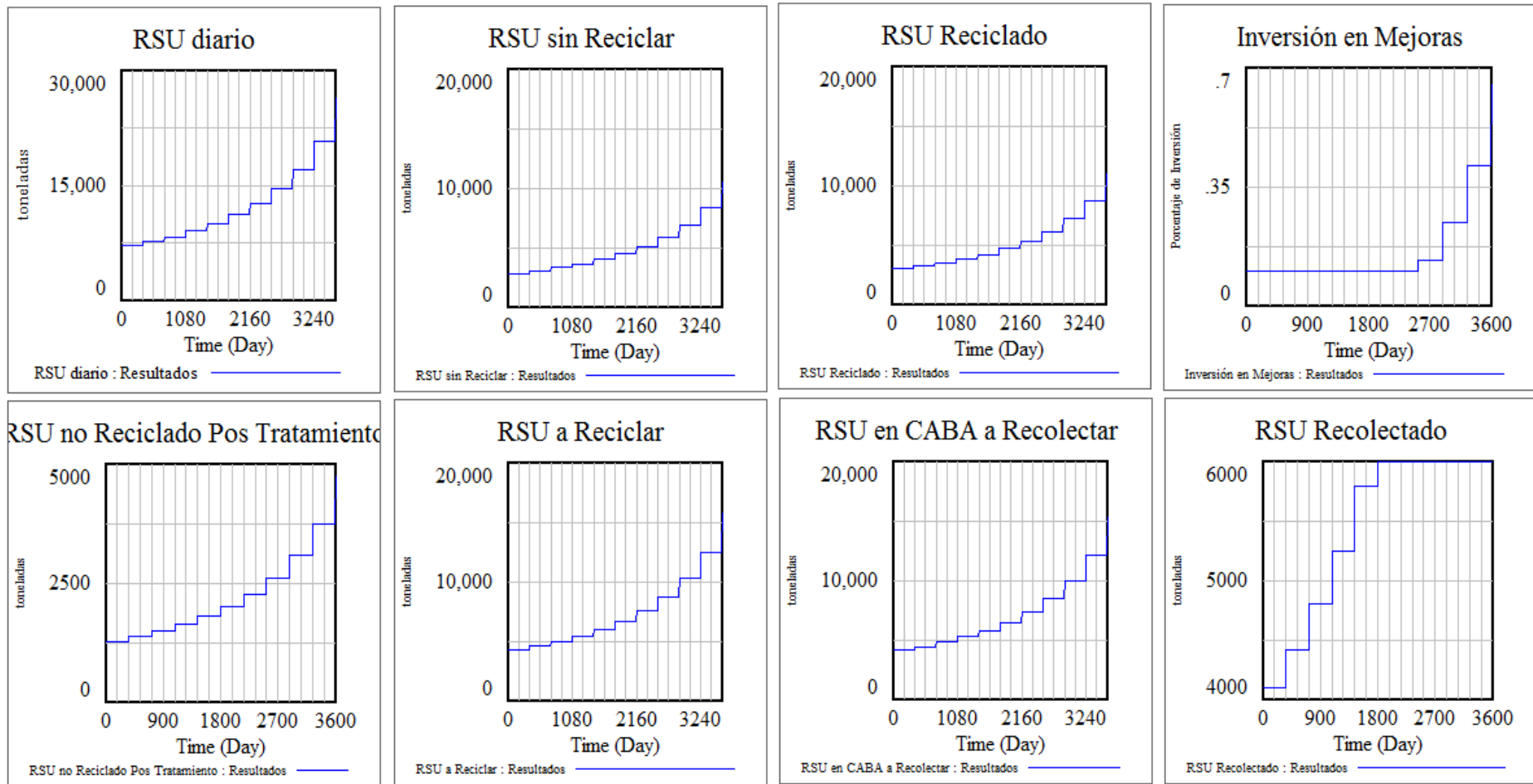
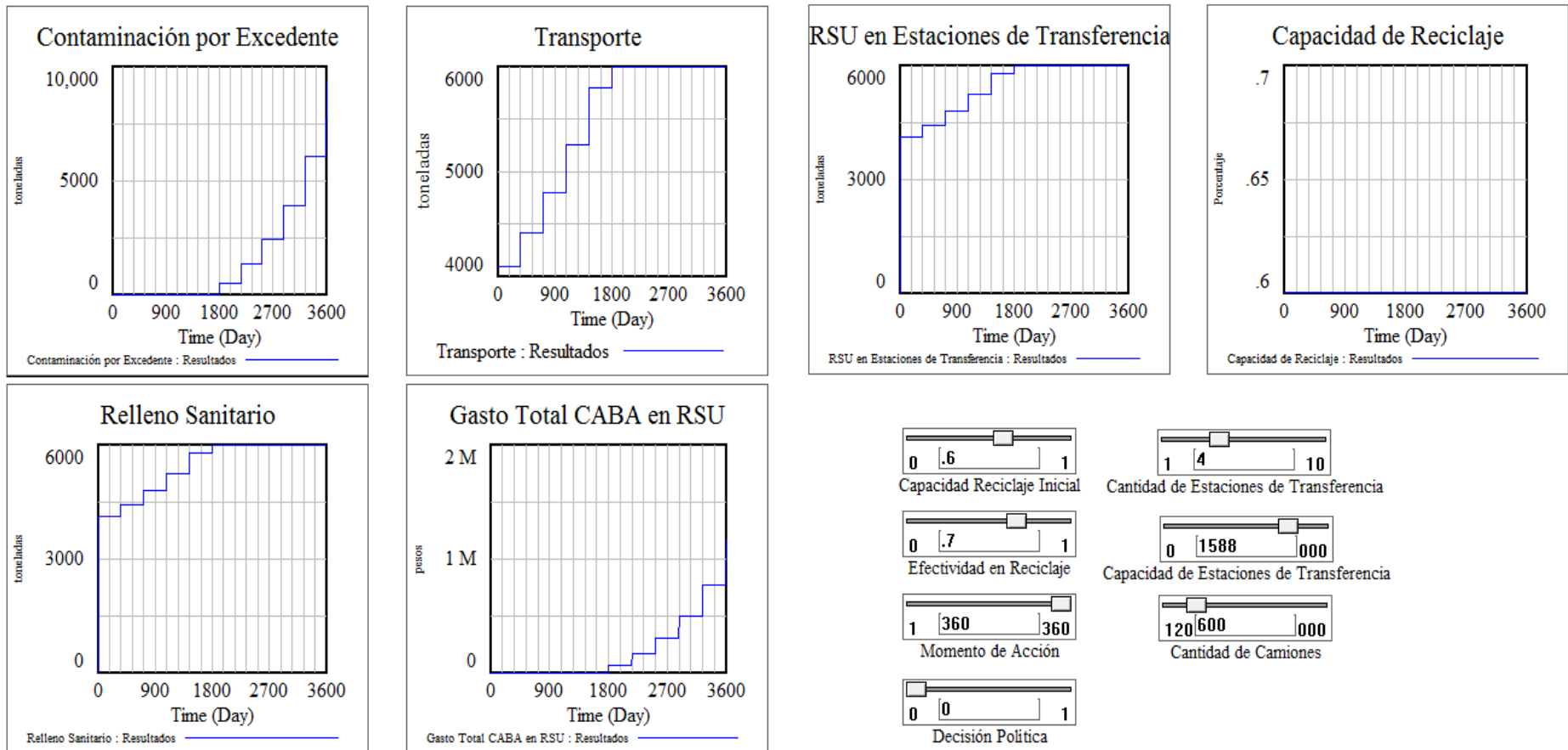


Figura 30: Resultados de escenario 3, parte 2



- En este escenario, se apalancó aun mas sobre la capacidad de reciclaje lograda por un aumento del 60% de la separación en origen y con una efectividad del 70%.
- Finalmente el RSU a recolectar será de prácticamente un 50% menos que antes de implementar los niveles elevados de separación en origen.
- Nuevamente, se ve una reducción pronunciada de los camiones necesarios por día en los RSU recolectados, aunque cinco años por delante de esta fecha los mismos 600 camiones son nuevamente necesarios. Este es un punto importante dentro de los costos totales, ya que como el contrato firmado es por 10 años a 30 mil millones de pesos, para modificar o reducir las cantidades de camiones, y revisar el contrato, debería haber evidencias suficientes que a lo largo de los 10 años subsiguientes no se fueren a necesitar esos camiones.
- Aquí también se observa una reducción potencial de la contaminación por excedente, como consecuencia de la efectividad en la recolección.
- Y también una reducción en los costos para mitigar esa contaminación.

9.4 Escenario 4: aumento ideal en capacidad de reciclaje

Figura 31: Resultados de escenario 4, parte 1

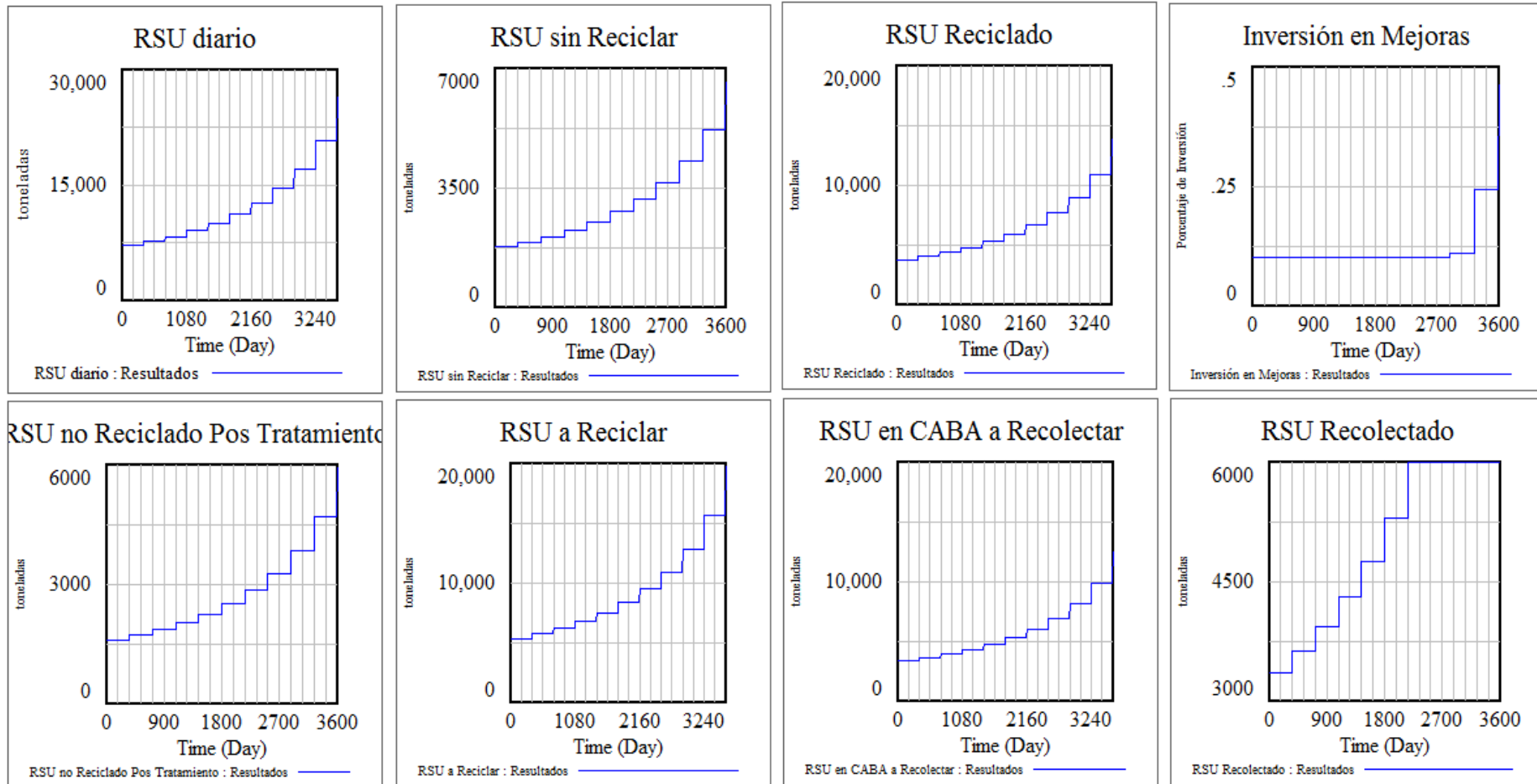
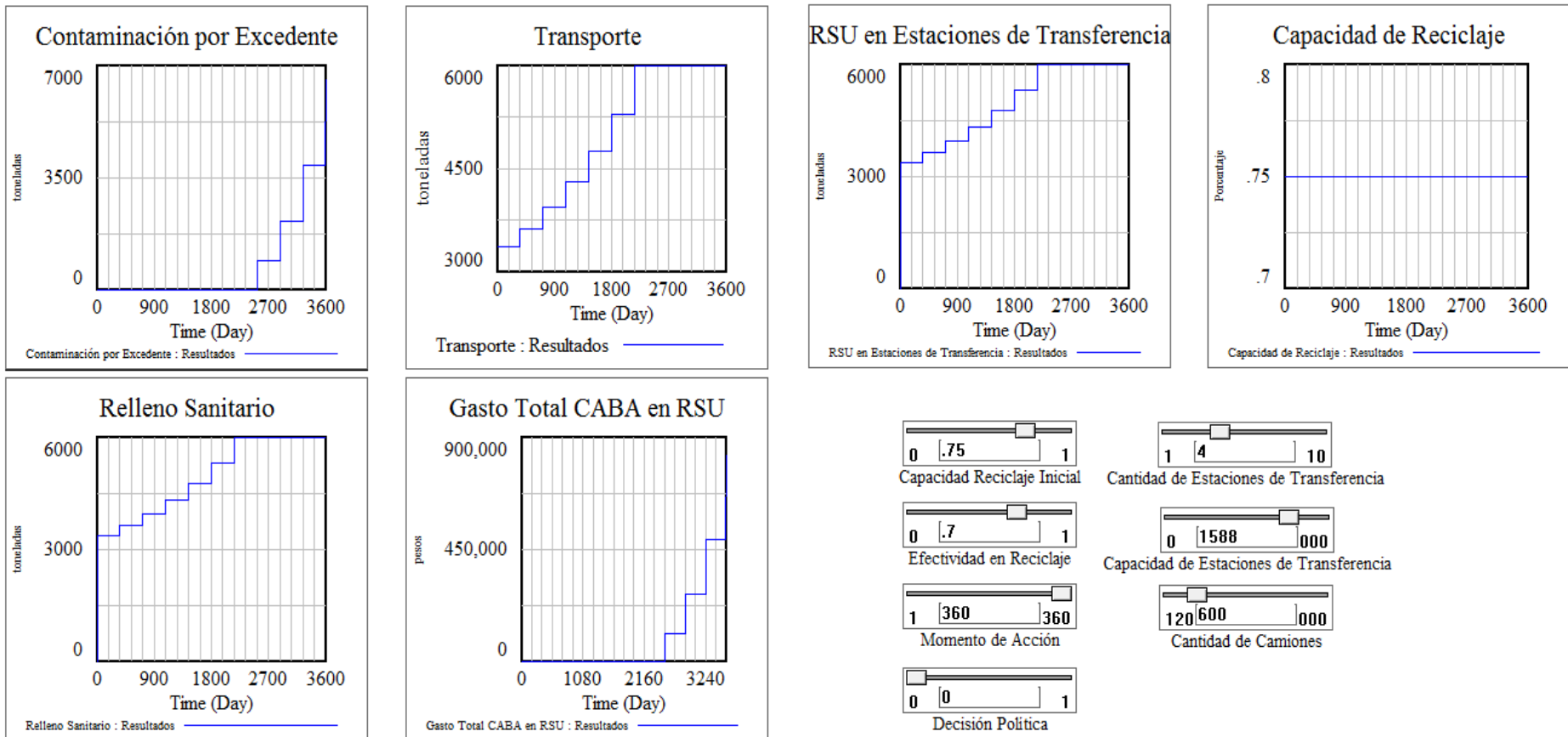


Figura 32: Resultados de escenario 4, parte 2



- En este caso ideal, con un 75% de capacidad de reciclaje instalada, con igual efectividad, se nota una reducción importante en los RSU a transportar.
- Nótese también una fuerte reducción en la contaminación por excedente, que finalmente impactará en los esfuerzos necesarios para mitigar la contaminación.
- También, el envío de RSU a rellenos se reduce en comparación a los casos anteriores.

9.5 Escenario 5: aumento ideal en capacidad de reciclaje con amplia participación del Gobierno de CABA

Figura 33: Resultados de escenario 5, parte 1

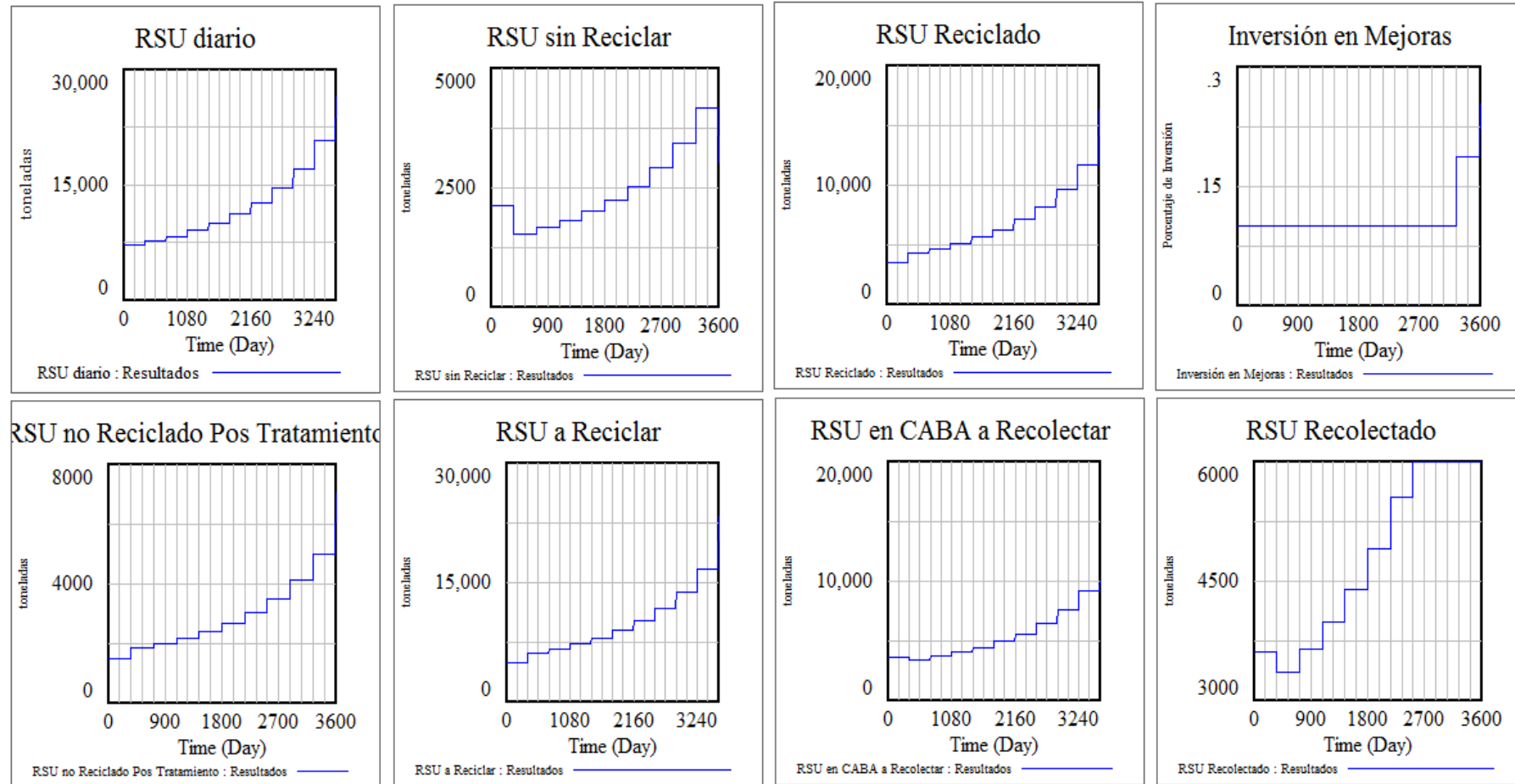
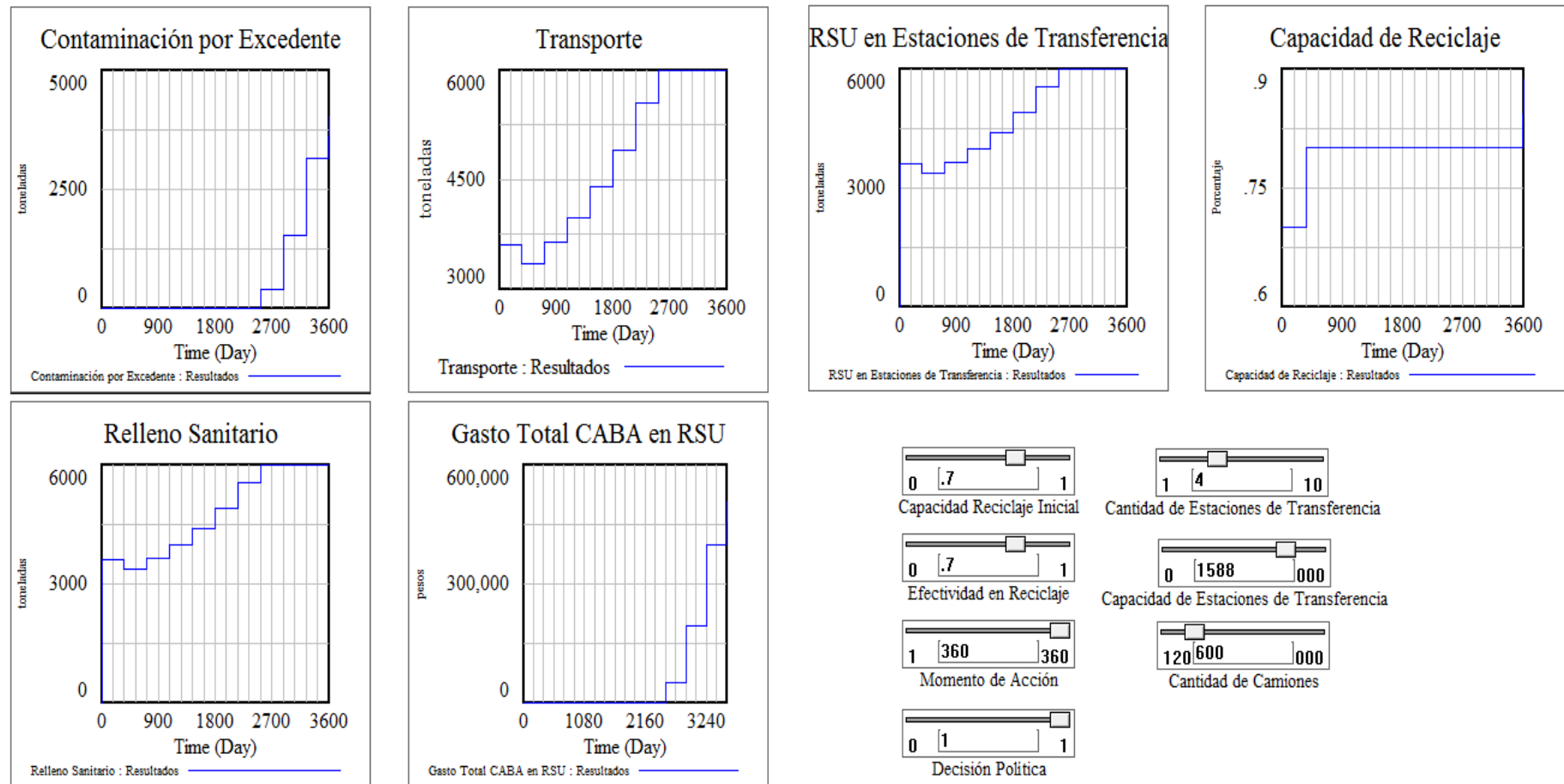


Figura 34: Resultados de escenario 5, parte 2



- En este escenario, el volumen de RSU recolectado es aún menor, lo cual da cuenta de la efectividad en el reciclaje aplicada (mayor al 70%).
- Se observa una efectividad mayor en el transporte por este motivo y una reducción notable en los residuos presentes en las estaciones de transferencia.
- Finalmente, como punto más importante, se observa una baja de casi el 70% en la disposición final de los residuos.

9.6 Escenario 6: optimización máxima de reciclaje y estaciones de transferencia.

Figura 35: Resultados de escenario 6, parte 1

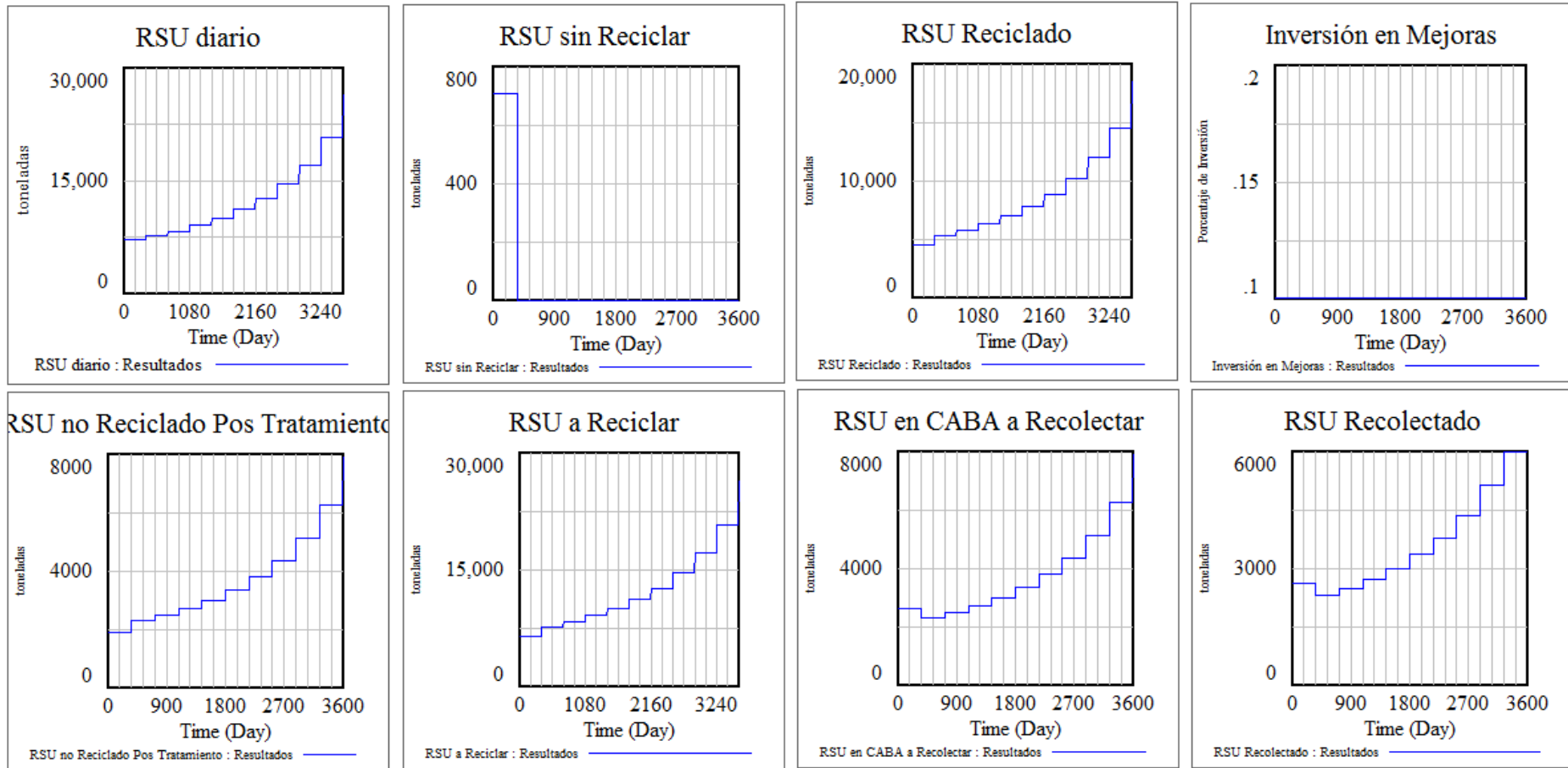
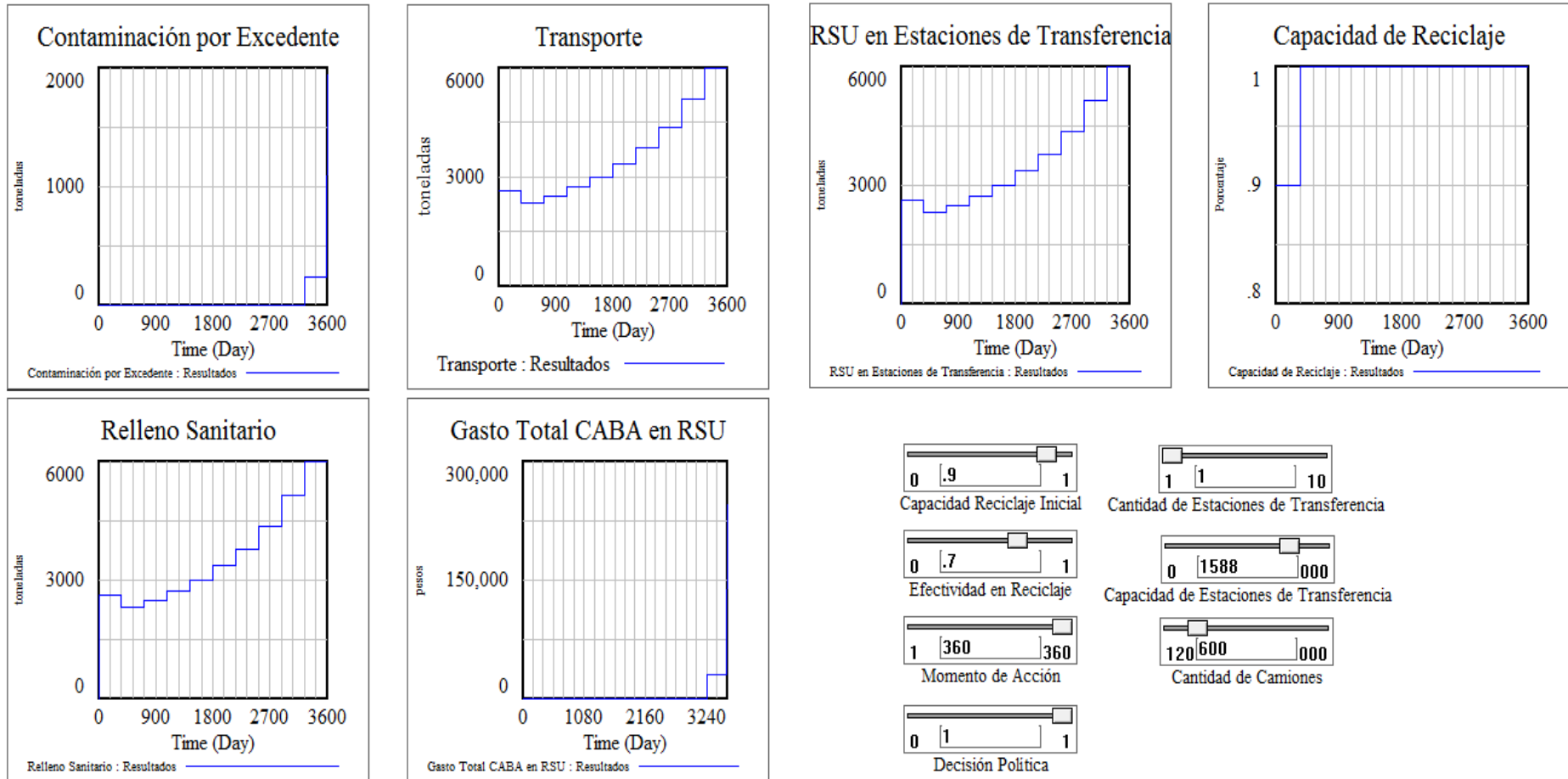


Figura 36: Resultados de escenario 6, parte 2



- Aquí se observa como en el mejor caso de reciclaje elevado e intervención del Estado, se puede inclusive reducir el número de las estaciones de transferencia presentes a tan solo una sola.
- Esto se da por la reducción del volumen que deberá disponerse finalmente, que recién hacia la finalización del periodo de 10 años va a aumentar.
- Se observa como finalmente, en la situación ideal, se puede llegar a más del 80% de lo generado, reciclado. Y esas cantidades se ven reflejadas en los volúmenes a disposición final
- En colaboración con el Estado, se llega, aunque no inmediatamente a una capacidad de reciclaje de casi el 100%. Hay que considerar que es un caso ideal, y que en la práctica no se llegaría a esos niveles, ya que, como se ve aquí, la efectividad nunca llega al 100%.

9.7 Comparaciones entre escenarios actual e ideal

Figura 37: Resultados de escenarios comparados, parte 1

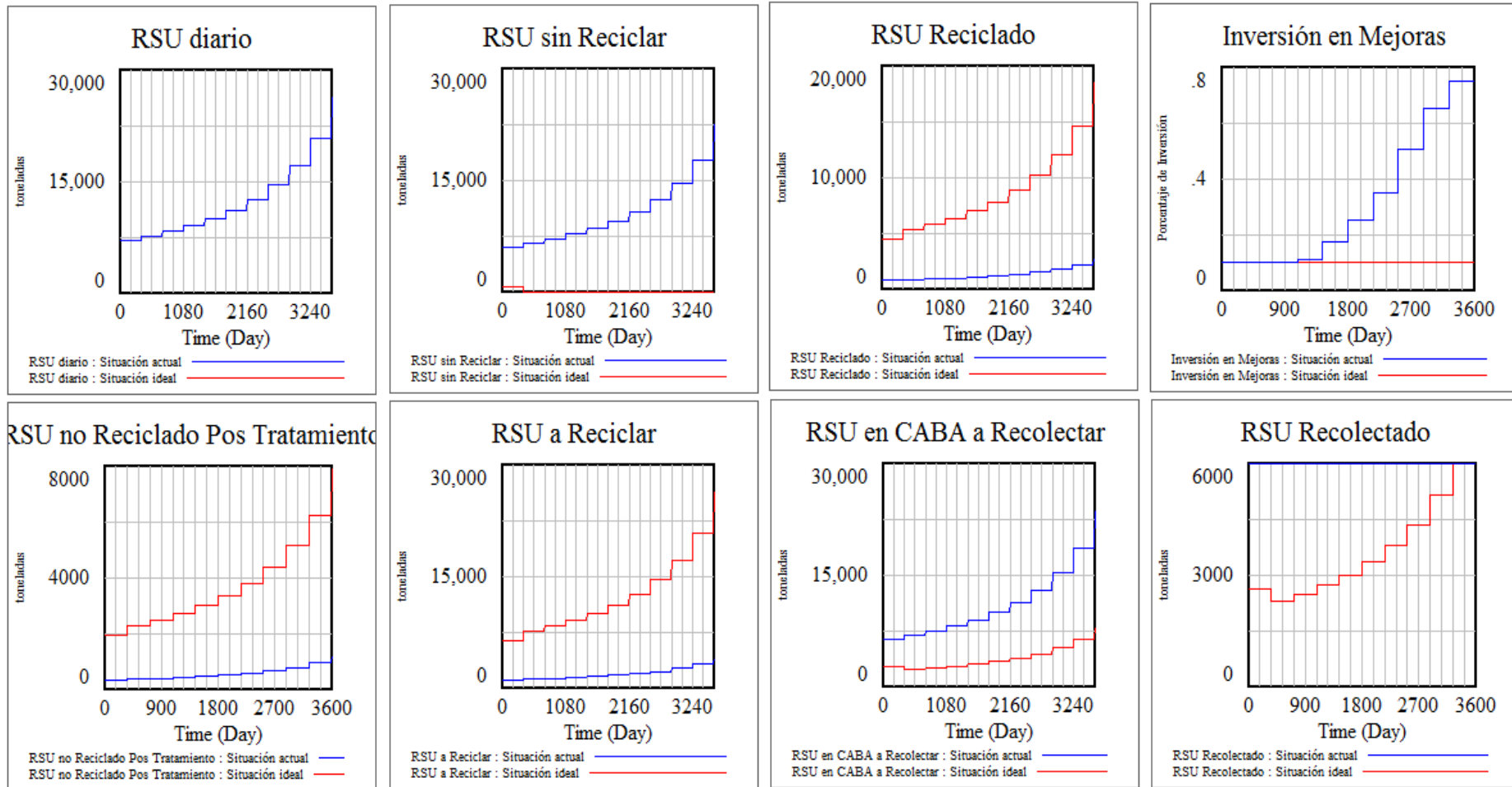
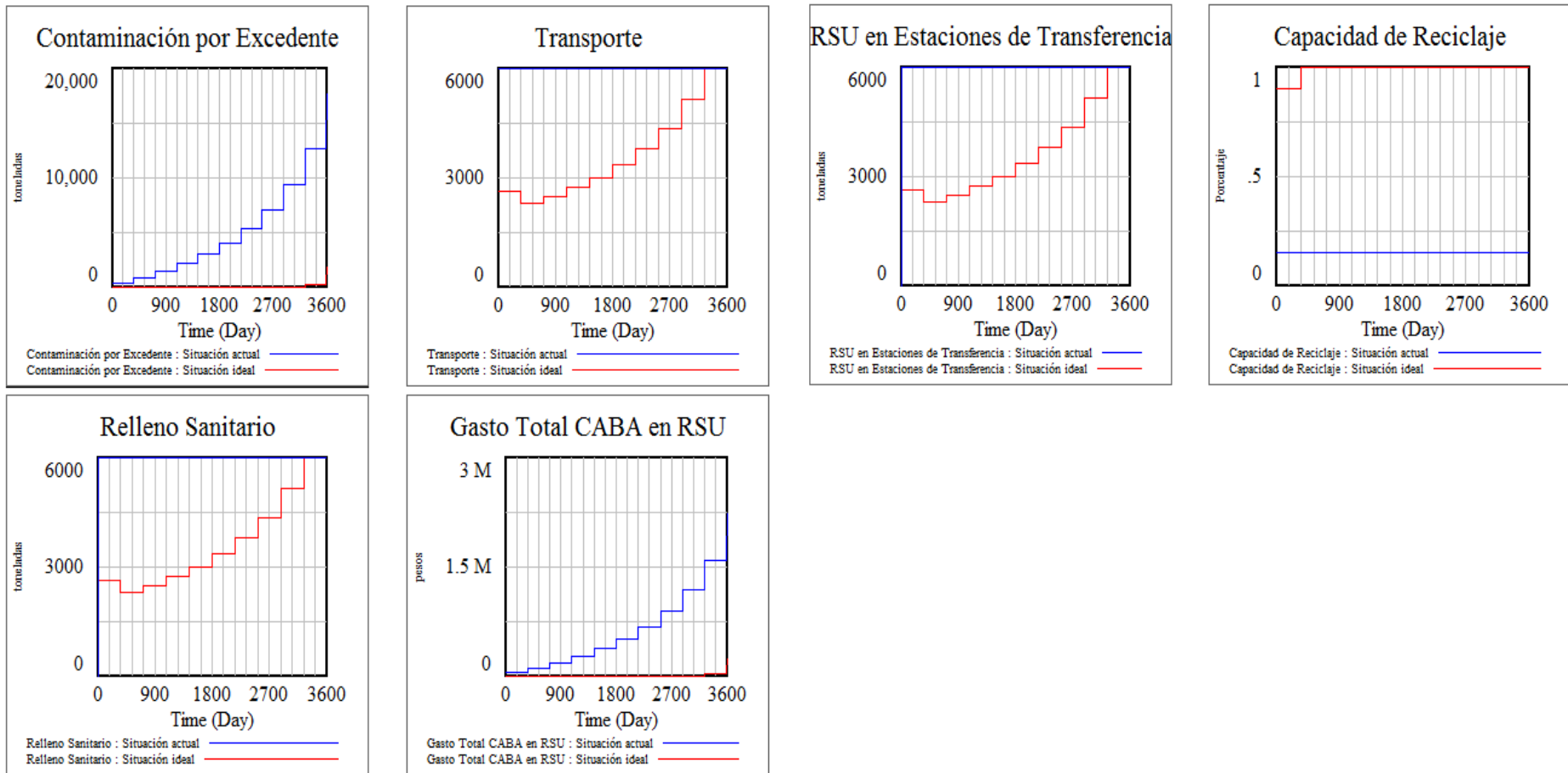


Figura 38: Resultados de escenarios comparados, parte 2



- En esta grafica comparativa, se observa bien el cambio positivo en la situación.
- Los RSU reciclados aumentan de manera exponencial con una política marcada de reciclaje y reducción tanto por parte del Estado como de los ciudadanos, llegándose a la casi totalidad de los RSU generados.
 - Se observa de hecho que al no contaminarse, no hay prácticamente inversiones que se deban hacer en mejoras, simplemente seguir con las políticas del momento.
 - La diferencia notable entre los RSU en disposición final es evidente al punto de ser tan solo una tercera parte de lo generado originalmente.

10. Sección VI - Conclusiones

Como se pudo observar en las diferentes corridas de nuestro modelo, es de vital importancia la separación en origen de los residuos, así también como las políticas gubernamentales tanto de fomento como de actuación en estos temas.

La decisión política es clave para que la reducción sea posible, así como la efectividad final en el reciclaje. Se observa claramente la reducción de residuos llevados a disposición final, así como la casi ausencia de contaminación por parte de residuos no recolectados.

Si bien previamente al modelo pensamos que probablemente la cantidad de camiones a lo largo del tiempo iba a poder reducirse, creemos ahora que ello no sería conveniente ya que si bien durante la mayor parte del periodo de los diez años las cantidades recolectadas se reducen drásticamente, hacia el final, se observan valores un poco más elevados tanto como para necesitar la misma cantidad de camiones recolectores, los cuales si entonces serán necesarios.

Algo que no entra en los límites de nuestro modelo es si es posible reducirlos temporalmente, por el hecho de que el contrato a diez años con los concesionarios ya está firmado y puesto en marcha. Es algo que en una próxima iteración se podría analizar. Claro que la finalidad de esta cuestión es la revisión de ese contrato, que es uno de los más elevados como se ha mencionado previamente: \$30.000.000.000.

Pero sin dudas lo más notable que refleja nuestro modelo es la imposibilidad de cumplir estrictamente con los volúmenes y periodos establecidos por la Ley de Basura Cero:

Si bien la reducción de los envíos es notable, la proyección hace que dentro de diez años, según nuestro modelo, con las mayores efectividades del reciclaje y reducción puestas en marcha, de igual manera se seguirían enviando a relleno cantidades similares a las actuales. Pero aun así, debe considerarse el enorme crecimiento probable de la generación en esos años (actualmente 6000 toneladas diarias, dentro de diez años alrededor de 25000 toneladas diarias). Entonces, lo que concluye este modelo, es que aun no cumpliendo con las metas estipuladas por la Ley, la reducción ayuda a contrarrestar un escenario realmente preocupante en el caso que no se realizara. Esto es, imaginar cantidades similares a las 25000 toneladas diarias enviadas a relleno, que no solo los saturarían, sino se entraría en un ciclo vicioso de buscar otros terrenos para construir otros rellenos y así seguir contaminando desmedidamente.

Se propone desde este lugar, a fijar plazos más realistas en cuanto a la Ley, así como las cantidades a disponer. Así como también, se proponen investigar nuevas maneras de reducir no solo los volúmenes generados, sino que también reducir los volúmenes ya dispuestos. Con esto se buscaría desarrollar aun más la industria de la disposición limpia y a su vez contribuir al bienestar social.

11. Bibliografía

Senge, Peter M. *La Quinta Disciplina: Cómo construir una organización inteligente*. 2da ed. Barcelona. Granica, 1998. ISBN 9788475773933.

García, Juan Martín. *Teoría y Ejercicios Prácticos de Dinámica de Sistemas*, 2da ed. Barcelona, España: Autor-Editor, 2006. ISBN 84-607-9304-4.

Forrester, Jay. *Urban Dynamics*, 1ra ed. 1969, Productivity Press Inc ISBN: 1563270587

Gobierno de la Ciudad Autónoma De Buenos Aires, Ministerio de Ambiente y Espacio Público. *Informe anual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos Ley N° 1.854*. [en línea]. 2008. <estatico.buenosaires.gov.ar>. en biblioteca digital.

María Elena Platzeck - Horacio Campaña. *Diseño y evaluación de estrategias para la gestión de residuos sólidos urbanos*. [en línea]. 2001.

<http://www.cit.org.ar/archivos_cit/contenido_cit/documentos/rsu.html>

Rubén H. Pardo, Félix Cariboni, Antonella Risso, Mariela Pugliese, Cecilia Laura Belistri y María Eugenia Abdala. *El circuito de recuperación de materiales reciclables en la Ciudad de Buenos Aires: actores, volúmenes y perspectivas*. [en línea]. 2007.

<http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/dgpru/archivos/circuito_CABA.pdf>

Greenpeace. *Ley Basura Cero Principales aspectos de la Ley en Buenos Aires*. [en línea]. 14 de Diciembre de 2010.

<<http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-cero/Le-y-Basura-Cero/>>

Gobierno de la Ciudad. *Circuito del reciclado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - INFORME 2006*. ". [en línea]. 2006

Legislatura de CABA. *Ley De Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. [en línea]. 2005.

Ing. Elba Gaggero, Lic. Marcelo Ordoñez. *Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos. Documento destinado a docentes*. [en línea]. 2010.

< http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/residuos_03_10.pdf >

Autores varios del GCBA. Página oficial CABA sobre espacio público e higiene.

< <http://www.buenosaires.gob.ar/espaciopublico/higiene> >

Gentili, Rafael. *Informe de Basura a marzo 2012*. [en línea]. 2012.

< http://rafagentili.com.ar/newsletter/Newsletter_Gentili/pdf/basura_marzo.pdf >

Giambartolomei, Mauricio. *¿Cuánta basura reciclable se genera en Capital Federal por día?*. [en línea]. 2012. Nota periodística de investigación.

< <http://www.lanacion.com.ar/1543984-cuanta-basura-reciclable-se-genera-en-capital-federal-por-dia> >

Instituto de Ingeniería Sanitaria de FIUBA. *Escenarios para un programa de reciclaje de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de Buenos Aires*. [en línea]. 2004.

< http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_reciclaje_rsu_final.pdf >

DiarioVeloz. *Casi el 80% de los porteños piensa que la ciudad está sucia*. Basado en encuesta por TNS Gallup. [en línea]. 2011.

< <http://www.diarioveloz.com/notas/15560-casi-el-80-los-portenos-piensa-que-la-ciudad-esta-sucia> >

Legislatura CABA. *Proyecto de ley de presupuesto de la administración del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para 2014*. [en línea]. 2013.

< http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/presupuesto2014_final/msg_presupuesto2014.pdf >

Legislatura CABA. *Proyecto de ley de presupuesto de la administración del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para 2013*. [en línea]. 2012.

< http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/presupuesto2013/02_proyecto_mensaje_presupuesto2013.pdf >

Legislatura CABA. *Presupuesto Consolidado del Sector Público Gubernamental*. [en línea]. 2013.

< http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/dg_ogpp/documentos/info_presupuestaria/consol_presup/cons2013/anexo_presupuesto_consolidado2013.pdf >

Sabino, Atilio Armando. *Diagnóstico de la situación del manejo de los Residuos Sólidos Municipales y Peligrosos en Argentina* [en línea]. 1998

< http://www.ecopuerto.com/Bicentenario/informes/residuos_solidos.pdf >

Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires. *“Estudio de calidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires Tercer Informe De Avance*. [en línea]. 2011.

< <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/Tercer-Informe-ECRSU-AMBA1.pdf> >

Anexo A: Ley Basura Cero

Buenos Aires, 24 de noviembre de 2005.-

La Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

sanciona con fuerza de Ley

De Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos

Capítulo I

Objeto y ámbito de aplicación

Artículo 1º.- La presente ley tiene por objeto establecer el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes. En este sentido la Ciudad adopta como principio para la problemática de los residuos sólidos urbanos el concepto de "Basura Cero".

Artículo 2º.- Se entiende como concepto de "Basura Cero", en el marco de esta norma, el principio de reducción progresiva de la disposición final de los residuos sólidos urbanos, con plazos y metas concretas, por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la reducción en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación y el reciclado.

Artículo 3º.- La Ciudad garantiza la gestión integral de residuos sólidos urbanos entendiéndose por ello al conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para la administración de un sistema que comprende, generación, disposición inicial selectiva, recolección diferenciada, transporte, tratamiento y transferencia, manejo y aprovechamiento, con el objeto de garantizar la reducción progresiva de la disposición final de residuos sólidos urbanos, a través del reciclado y la minimización de la generación.

Artículo 4º.- Las operaciones de gestión integral de residuos sólidos urbanos se deben realizar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan perjudicar directa o indirectamente al ambiente y promoviendo la concientización en la población conforme a la Ley N° 1.687 (B.O.C.B.A. N° 2205 del 6/6/05) "Ley de Educación Ambiental".

Artículo 5º.- Quedan excluidos de los alcances de la presente ley los residuos patogénicos regidos por la Ley N° 154, los residuos peligrosos regidos por la Ley Nacional N° 24.051 (B.O. N° 27.307 del 17/1/92) "Residuos Peligrosos" y la Ley N° 25.612 (B.O. N° 29.950 del 29/7/02) "Gestión Integral de Residuos Industriales" o las normas que en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el futuro las reemplacen, los residuos radioactivos, los residuos derivados de las operaciones normales de los buques y aeronaves.

Artículo 6º.- A los efectos del debido cumplimiento del art. 2º de la presente ley, la autoridad de aplicación fija un cronograma de reducción progresiva de la disposición final de residuos

sólidos urbanos que conllevará a una disminución de la cantidad de desechos a ser depositados en rellenos sanitarios. Estas metas a cumplir serán de un 30% para el 2010, de un 50% para el 2012 y un 75% para el 2017, tomando como base los niveles enviados al CEAMSE durante el año 2004. Se prohíbe para el año 2020 la disposición final de materiales tanto reciclables como aprovechables.

Artículo 7°.- Quedan prohibidos, desde la publicación de la presente, la combustión, en cualquiera de sus formas, de residuos sólidos urbanos con o sin recuperación de energía, en consonancia con lo establecido en el artículo 54 de la presente ley. Asimismo queda prohibida la contratación de servicios de tratamiento de residuos sólidos urbanos de esta ciudad, que tengan por objeto la combustión, en otras jurisdicciones.

Capítulo II

Disposiciones generales

Artículo 8°.- El Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires con el objetivo de dar cumplimiento a los artículos 4° y 6° de la presente ley, a través de programas de educación permanentes, en concordancia con la Ley N° 1.687 y cualquier otra medida pertinente, promoverá:

1. La reducción de la generación de basura y la utilización de productos más duraderos o reutilizables.
2. La separación y el reciclaje de productos susceptibles de serlo.
3. La separación y el compostaje y/o biodigestión de residuos orgánicos.
4. La promoción de medidas tendientes al reemplazo gradual de envases descartables por retornables y la separación de los embalajes y envases para ser recolectados por separado a cuenta y cargo de las empresas que los utilizan.

Artículo 9°.- La reglamentación establecerá las pautas a que deberán someterse el productor, importador, distribuidor, intermediario o cualquier otra persona responsable de la puesta en el mercado de productos que con su uso se conviertan en residuos, será obligado de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Elaborar productos o utilizar envases que, por sus características de diseño, fabricación, comercialización o utilización, minimicen la generación de residuos y faciliten su reutilización, reciclado, valorización o permitan la eliminación menos perjudicial para la salud humana y el ambiente.
- b. Hacerse cargo directamente de la gestión de los residuos derivados de sus productos, o participar en un sistema organizado de gestión de dichos residuos o contribuir económicamente a los sistemas públicos de gestión de residuos en medida tal que se cubran los costos atribuibles a la gestión de los mismos.
- c. Aceptar, en el supuesto de no aplicarse el apartado anterior, un sistema de depósito, devolución y retorno de los residuos derivados de sus productos, así como los propios productos fuera de uso, según el cual el usuario, al recibir el producto, dejará en depósito una cantidad monetaria que será recuperada con la devolución del envase o producto.
- d. Informar anualmente a la autoridad de aplicación de los residuos producidos en el proceso de fabricación y del resultado cualitativo y cuantitativo de las operaciones efectuadas.

Capítulo III

Objetivos:

Artículo 10.-

1. Son objetivos generales de la presente ley:
 - a. Garantizar los objetivos del artículo 4° de la Ley Nacional N° 25.916 (B.O. N° 30.497 del 7/9/04) "Gestión de Residuos Domiciliarios" y el artículo 3° de la Ley N° 992 (B.O.C.B.A. N° 1619 del 29/1/03) "Programa de Recuperadores Urbanos".
 - b. Dar prioridad a las actuaciones tendientes a prevenir y reducir la cantidad de residuos generados y su peligrosidad.
 - c. Fomentar el uso de materiales biodegradables.
 - d. Disminuir los riesgos para la salud pública y el ambiente mediante la utilización de metodologías y tecnologías de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos que minimicen su generación y optimicen los procesos de tratamiento.
 - e. Desarrollar instrumentos de planificación, inspección y control con participación efectiva de los recuperadores urbanos, que favorezcan la seguridad, eficacia, eficiencia y efectividad de las actividades de gestión de los residuos.
 - f. Asegurar la información a los ciudadanos sobre la acción pública en materia de gestión de los residuos, promoviendo su participación en el desarrollo de las acciones previstas.
2. Son objetivos específicos de la presente ley.
 - a. Promover la reducción del volumen y la cantidad total de residuos sólidos urbanos que se producen, estableciendo metas progresivas.
 - b. Desarrollar una progresiva toma de conciencia por parte de la población, respecto de los problemas ambientales que los residuos sólidos generan y posibles soluciones, como así también el desarrollo de programas de educación ambiental formal, no formal e informal concordante con la Ley N° 1.687 de Educación Ambiental.
 - c. Promover un adecuado y racional manejo de los residuos sólidos urbanos, a fin de preservar los recursos ambientales.
 - d. Promover el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, siempre que no se utilice la combustión.
 - e. Disminuir los efectos negativos que los residuos sólidos urbanos puedan producir al ambiente, mediante la incorporación de nuevos procesos y tecnologías limpias.
 - f. Promover la articulación con emprendimientos similares en ejecución o a ejecutarse en otras jurisdicciones.
 - g. Fomentar la participación de empresas pequeñas y medianas, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 43 de la presente y el artículo 3° inciso b) de la Ley N° 992.
 - h. Proteger y racionalizar el uso de los recursos naturales a largo y mediano plazo.
 - i. Incentivar e intervenir para propender a la modificación de las actividades productivas y de consumo que generen residuos difíciles o costosos de tratar, reciclar y reutilizar.
 - j. Fomentar el consumo responsable, concientizando a los usuarios sobre aquellos objetos o productos que, estando en el mercado, sus materiales constructivos, envoltorios o presentaciones generen residuos voluminosos, costosos y difíciles de disponer.
 - k. Promover a la industria y al mercado de insumos o productos obtenidos del reciclado.

- l. Fomentar el uso de objetos o productos en cuya fabricación se utilice material reciclado o que permita la reutilización o reciclado posterior.
- m. Promover la participación de cooperativas y organizaciones no gubernamentales en la recolección y reciclado de los residuos.
- n. Implementar gradualmente un sistema mediante el cual los productores de elementos de difícil o imposible reciclaje se harán cargo del reciclaje o la disposición final de los mismos. Los objetivos de la presente ley serán monitoreados por una comisión integrada en el marco del Consejo Asesor Permanente establecido por la Ley N° 123 (B.O.C.B.A. N° 622 del 1°/2/99) "Ley de Impacto Ambiental" y la Ley N° 452 (B.O.C.B.A. N° 1025 del 12/9/00).

Capítulo IV (*)

Generación de residuos sólidos y separación en origen

Artículo 11.- La generación es la actividad que comprende la producción de residuos sólidos urbanos en origen o fuente.

Artículo 12.- Los generadores de residuos sólidos urbanos se clasifican en individuales y especiales concordante con el artículo 11 de la Ley Nacional N° 25.916.

Artículo 13.- A los fines de la presente se consideran "Generadores Especiales de residuos sólidos" a:

- a. Hoteles de 4 y 5 estrellas.
- b. Edificios sujetos al régimen de la propiedad horizontal que posean más de cuarenta (40) unidades funcionales.
- c. Bancos, Entidades Financieras y Aseguradoras.
- d. Supermercados, Minimercados, Autoservicios e Hipermercados.
- e. Shoppings, galerías comerciales y Centros Comerciales a Cielo Abierto.
- f. Centros Educativos Privados en todos sus niveles.
- g. Universidades de gestión pública.
- h. Locales que posean una concurrencia de más de trescientas (300) personas por evento.
- i. Edificios Públicos radicados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- j. Establecimientos pertenecientes a una Cadena Comercial. Entendiéndose por ésta al conjunto de más de cinco establecimientos que se encuentren identificados bajo una misma marca comercial, sin distinción de su condición individual de sucursal o franquicia.
- k. Comercios, Industrias y toda otra actividad privada comercial que genere más de quinientos (500) litros por día.
- l. Todo otro establecimiento que la autoridad de aplicación determine.

Artículo 14.- Los generadores especiales incluidos en el artículo 13 tienen las siguientes obligaciones:

- a. adoptar medidas tendientes a disminuir la cantidad de residuos sólidos urbanos que generan.

- b. separar y clasificar correctamente los residuos en origen. La autoridad de aplicación arbitra los mecanismos necesarios para el transporte de los residuos sólidos secos hacia los centros de reciclado o reducción otorgando prioridad a las cooperativas de recicladores urbanos.
- c. inscribirse en el Registro de Generadores Especiales del Ministerio de Ambiente y Espacio Público de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires -o registro que lo reemplace incorporarse al programa de generadores privados de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), debiendo costear el transporte y disposición final de la fracción húmeda de residuos por ellos producidos.

Esta obligación sólo rige para:

- a. Hoteles de 4 y 5 estrellas.
- b. Edificios sujetos al régimen de la propiedad horizontal que posean más de cuarenta (40) unidades funcionales y superen los mil (1.000) litros de residuos húmedos diarios.
- c. Bancos, Entidades Financieras y Aseguradoras.
- d. Supermercados, Minimercados, Autoservicios e Hipermercados que posean más de cuatro (4) cajas registradoras.
- e. Shoppings, galerías comerciales y Centros Comerciales a Cielo Abierto.
- h. Locales que posean una concurrencia de más de trescientas (300) personas por evento.
- j. Establecimientos pertenecientes a Cadenas Comerciales según se define en el Artículo 13 inc J.
- k. Otros comercios, Industrias y toda otra actividad privada comercial que genere más de quinientos (500) litros por día.
- l. Todo otro establecimiento que la autoridad de aplicación determine.

Artículo 15.- El productor, importador o distribuidor debe cargar con el costo de recolección y eliminación segura de aquellos envases, productos y embalajes que no puedan ser reutilizados, reciclados o compostados, por lo que se extiende su responsabilidad hasta la disposición final de los mismos conforme al artículo 9° de la presente.

() (Capítulo conforme texto Art. 1° de la Ley N° 4.859, BOCBA N° 4318 del 15/01/2014)*

Capítulo V

Disposición inicial selectiva

Artículo 16.- La disposición inicial es la acción realizada por el generador por la cual los residuos sólidos urbanos son colocados en la vía pública o en los lugares establecidos por la reglamentación de la presente. La misma será selectiva conforme lo establezca la autoridad de aplicación.

Artículo 17.- La disposición inicial selectiva de los residuos sólidos urbanos debe realizarse en el tiempo y la forma que determine la autoridad de aplicación minimizando los efectos negativos sobre la salud y el ambiente.

Capítulo VI Recolección diferenciada

Artículo 18.- Se entiende por recolección diferenciada a la actividad consistente en recoger aquellos residuos sólidos urbanos dispuestos de conformidad con el artículo 17 de la presente y la correspondiente carga de los mismos, en vehículos recolectores debiendo comprender, si correspondieren, las acciones de vaciado de los recipientes o contenedores.

Artículo 19.- La recolección será diferenciada discriminando por tipo de residuo, en función de su tratamiento y valoración posterior, concordante con el artículo 3° inciso c) punto 2 y el artículo 13 previstos en la Ley Nacional N° 25.916.

Artículo 20.- El Poder Ejecutivo arbitrará las medidas necesarias para garantizar la provisión en la vía pública y dependencias del Gobierno de la Ciudad de los recipientes y contenedores autorizados apropiados para el cumplimiento progresivo de los objetivos de la recolección diferenciada.

Artículo 21.- La frecuencia de la recolección de residuos sólidos urbanos secos debe ser diferente a la de los húmedos conforme lo que establezca la autoridad de aplicación.

Artículo 22.- Se entiende por residuos sólidos urbanos húmedos a todo aquel material que no sea derivado a los centros de selección, básicamente orgánicos biodegradables.

Artículo 23.- Todo el personal que intervenga en cualquiera de las actividades que implican el contacto directo con los residuos debe contar con los elementos y medidas que protejan su seguridad y salubridad, de acuerdo con las Leyes Nacionales N° 19.587 (B.O. N° 22.412 del 28/4/72) "Higiene y Seguridad en el Trabajo", Decreto N° 351/75 (B.O. N° 24.170 del 22/5/75) y la Ley N° 992 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires o las que en el futuro las modifiquen o reemplacen.

Capítulo Transporte

VII

Artículo 24.- La recolección de los residuos sólidos urbanos húmedos debe realizarse con vehículos de caja cerrada que cuenten con tecnologías que aseguren la reducción del volumen y no permitan el derrame de líquidos provenientes de los residuos, ni la caída de los mismos fuera del vehículo durante su transporte.

Artículo 25.- La recolección de los residuos sólidos urbanos secos debe realizarse con vehículos adecuados que aseguren la carga transportada e impidan la caída de la misma fuera del vehículo durante su transporte.

Artículo 26.- Los prestadores o quienes aspiren a participar del servicio de transporte y recolección diferenciada deben inscribirse en el Registro de Operadores de Residuos Sólidos Urbanos sin perjuicio de lo dispuesto por las Leyes N° 123 (B.O. N° 622) y N° 452 (B.O. N° 1025) y las que en el futuro las modifiquen o reemplacen y lo que establezca la reglamentación de la presente.

Será requisito esencial la presentación de una declaración jurada conteniendo los siguientes datos:

- a. Datos identificatorios del prestador y domicilio legal del mismo.
- b. Listado de todos los vehículos y contenedores a ser utilizados, así como los equipos a ser empleados.
- c. Tipo de residuos sólidos urbanos a transportar.
- d. Prueba de conocimiento para proveer respuesta adecuada en caso de emergencia que pudiere resultar de la operación de transporte.
- e. Póliza de seguros que cubra daños, según lo establezca la autoridad de aplicación.

Artículo 27.- Las prestadoras del servicio de transporte y recolección diferenciada, sin perjuicio de la normativa vigente y lo que establezca la reglamentación de la presente, deberán:

- a. Contar con choferes con licencia para operar este tipo de transporte.
- b. Poseer vehículos con sistemas de comunicación.
- c. Garantizar la limpieza del interior de la caja del vehículo, en los lugares adecuados para tal fin, una vez que hayan terminado el recorrido o hayan descargado los materiales respectivos, para evitar el escape de polvos, desperdicios y/o generación de microbios y bacterias, durante el recorrido de regreso, conforme a la reglamentación de la presente.
- d. Garantizar el tratamiento correspondiente de los efluentes generados por la actividad.
- e. Garantizar la limpieza de contenedores y recipientes de residuos sólidos urbanos en forma periódica para evitar el escape de polvos, desperdicios y/o generación de microbios y bacterias.
- f. Capacitar al personal afectado al transporte y recolección diferenciada.

Capítulo VIII **Selección y transferencia**

Artículo 28.- Se considera centro de selección de residuos sólidos urbanos secos, a aquellos edificios e instalaciones que sean habilitados a tales efectos por la autoridad competente previo dictamen conforme Ley N° 123 y en los cuales dichos residuos, provenientes de la recolección diferenciada, son recepcionados, acumulados, manipulados, clasificados, seleccionados, almacenados temporariamente, para luego ser utilizados en el mercado secundario como insumo para nuevos procesos productivos.

Artículo 29.- Los residuos sólidos urbanos secos que en los centros de selección se consideren no posibles de ser reciclados o reutilizados, deben ser derivados a los sitios de disposición final.

Artículo 30.- Se entiende por centro de transferencia a aquellas instalaciones que son habilitadas para tal fin por la autoridad competente y en las cuales los residuos sólidos urbanos húmedos y los mencionados en el artículo precedente son acondicionados para su transporte en vehículos de mayor capacidad, a los sitios de tratamiento y disposición final.

Artículo 31.- Las personas físicas o jurídicas responsables de los centros que realicen actividades de selección o transferencia de residuos sólidos urbanos deben inscribirse en el Registro de Operadores de Residuos Sólidos Urbanos. A tales efectos deben acreditar, sin perjuicio de lo dispuesto por las Leyes N° 123 y N° 452 y las que en el futuro las modifiquen o reemplacen y lo que establezca la reglamentación de la presente, de una declaración jurada que contendrá como mínimo:

- a. Datos identificatorios y domicilio legal.
- b. Características edilicias y de equipamiento.
- c. Listado de personal expuesto a efectos producidos por las actividades de selección o transferencia, reguladas por la presente.
- d. Procedimientos precautorios de diagnóstico precoz de la salud del personal.
- e. Cumplir con lo dispuesto en el artículo 23 de la presente.
- f. Método y lugar de selección o transferencia.
- g. Tipos de residuos a seleccionar o transferir.
- h. Cantidad anual estimada de residuos a seleccionar o transferir.
- i. Póliza de seguros que cubra potenciales daños según lo establezca la autoridad de aplicación.
- j. Responsable técnico en higiene y seguridad.
- k. Plan de capacitación al personal.
- l. Plan de contingencia.

Capítulo IX Tratamiento y disposición final

Artículo 32.- Denomínense sitios de tratamiento y disposición final a los fines de la presente a aquellos lugares especialmente acondicionados y habilitados por la autoridad competente para el tratamiento y la disposición permanente de los residuos sólidos urbanos por métodos ambientalmente reconocidos y de acuerdo a normas certificadas por organismos competentes.

Artículo 33.- El tratamiento de los residuos sólidos urbanos debe comprender el aprovechamiento de los mismos, contemplando lo establecido en el artículo 7º, ya sea por:

- a. Separación y concentración selectiva de los materiales incluidos en los residuos por cualquiera de los métodos o técnicas usuales.
- b. Transformación, consistente en la conversión por métodos químicos (hidrogenación, oxidación húmeda o hidrólisis) o bioquímicos (compostaje, digestión anaerobia y degradación biológica) de determinados productos de los residuos en otros aprovechables.
- c. Recuperación, mediante la reobtención, en su forma original, de materiales incluidos en los residuos para volverlos a utilizar.

La reglamentación de la presente puede optar por cualquiera de las modalidades de tratamiento científicamente conocidas, pudiendo realizar la variedad de procesos que cada uno ofrece o bien la combinación de ellos, siempre y cuando se evite el efecto contaminante y

se obtenga un aprovechamiento de los componentes de los residuos mejorando la calidad de vida de la población.

Artículo 34.- Los residuos sólidos urbanos que no puedan ser tratados por las tecnologías disponibles deben ser destinados a un sitio de disposición final que determine la autoridad competente, denominado relleno sanitario.

Artículo 35.- Denomínase relleno sanitario a la técnica para la disposición final del resultante de los residuos sólidos urbanos en el suelo, sin causar perjuicio al ambiente y sin ocasionar peligros para la salud y la seguridad pública, utilizando principios de ingeniería para confinar los residuos en la menor superficie posible reduciendo su volumen al mínimo practicable.

Artículo 36.- Prohíbese la descarga de basura a cielo abierto y la creación de micro basurales. Asimismo se prohíbe el vuelco en cauces de agua o el mal enterramiento de los mismos.

Artículo 37.- La autoridad de aplicación dispondrá los itinerarios, el sistema de contralor y demás circunstancias que aseguren la llegada de los residuos sólidos urbanos provenientes del descarte de los centros de selección y de los centros de transferencia.

Artículo 38.- La Ciudad debe garantizar que las empresas que presten servicios de disposición final de residuos sólidos urbanos cumplan con los artículos 20 y 21 de la Ley N° 25.916 y cuenten con un plan de operación, con sistema de monitoreo, vigilancia y control, presentando asimismo un plan de cierre, mantenimiento y cuidados post cierre.

Capítulo X Campañas de difusión

Artículo 39.- La Ciudad garantiza la implementación de campañas publicitarias de esclarecimiento e información, las que deberán ser sostenidas en el tiempo, a fin de alentar los cambios de hábitos en los habitantes de la ciudad y los beneficios de la separación en origen, de la recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos, del reciclado y la reutilización, sin perjuicio de lo establecido en las Leyes N° 1.687 y el artículo 3° de la Ley N° 992.

Capítulo XI Promoción de compra de productos reciclados y reusados

Artículo 40.- En cualquiera de las modalidades de contratación estatal, que se efectúen por cualquier forma, las reparticiones u organismos oficiales de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires deben dar prioridad a aquellos productos de los que se certifique que en su producción se utilizaron insumos reciclados o reutilizados.

Artículo 41.- La prioridad establecida en el artículo anterior debe actuar ante igualdad de calidad, prestación y precio.

Artículo 42.- La certificación de los productos o insumos beneficiados por la prioridad establecida en el artículo 40 de la presente deberá ser extendida por entidades certificadoras debidamente acreditadas por la autoridad de aplicación.

Capítulo XII Incentivos

Artículo 43.- Tendrán garantizada la prioridad e inclusión en el proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos secos y en las actividades de los centros de selección, los recuperadores urbanos, en los términos que regula la Ley N° 992, los que deberán adecuar su actividad a los requisitos que establece la presente, de acuerdo con las pautas que establezca la reglamentación, impulsando su adecuación y de acuerdo con los diferentes niveles de organización que ostenten, con la asistencia técnica y financiera de programas dependientes del Poder Ejecutivo.

Artículo 44.- La Ciudad adoptará las medidas necesarias para establecer líneas de crédito y subsidios destinados a aquellas cooperativas de recuperadores urbanos inscriptas en el Registro Permanente de Cooperativas y de Pequeñas y Medianas Empresas (REPyME). Dichos créditos y subsidios tendrán como único destino la adquisición de bienes de capital dirigidos al objeto principal de su actividad de acuerdo a lo que determine la Ley de Presupuesto.

Capítulo XIII

Infracciones

Artículo 45.- Quedarán exentos de responsabilidad administrativa quienes cedan los residuos a gestores autorizados para realizar las operaciones que componen la gestión de los residuos, y siempre que la entrega de los mismos se haga cumpliendo los requisitos establecidos en esta ley.

Artículo 46.- Modifícase el punto 1.3.9 del Capítulo III Libro II Sección I Anexo I de la Ley N° 451, el que queda redactado de la siguiente manera:

"1.3.9 Residuos domiciliarios fuera de horario y/o en infracción a la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos: El/la que deje en la vía pública residuos fuera de los horarios permitidos, en recipientes antirreglamentarios o no cumplan con la separación en origen o en infracción a la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, es sancionado/a con multa de \$ 50 a \$ 500.

Cuando la falta sea cometida por una sociedad comercial o los residuos provengan de un local o establecimiento en el que se desarrollen actividades comerciales o industriales o de inmuebles afectados al régimen de propiedad horizontal, el titular o responsable es sancionado/a con multa de \$ 200 a \$ 5.000 y/o inhabilitación y/o clausura."

Artículo 47.- Incorpórense los siguientes puntos al Capítulo III Libro II Sección I Anexo I de la Ley N° 451, los que quedan redactados de la siguiente manera:
"1.3.32 El incumplimiento por parte de los grandes generadores, transportistas, responsables de centros de selección, de transferencia y de tratamiento de las disposiciones de la presente ley o de las reglamentaciones que en su consecuencia se dicten, sin perjuicio de las sanciones civiles o penales que pudieren corresponder, será sancionado con:

- a. Apercibimiento.
- b. Multa de \$ 1.000 hasta \$ 30.000.

- c. Suspensión de la actividad de treinta (30) días hasta un (1) año, según corresponda y atendiendo a las circunstancias del caso.
- d. Cese definitivo de la actividad y clausura de las instalaciones."

"1.3.33. En caso de reincidencia los máximos de las sanciones previstas en el inciso b) del punto precedente podrán multiplicarse por una cifra igual a la cantidad de reincidencias aumentadas en una unidad."

"1.3.34. Cuando el infractor fuere una persona jurídica, los que tengan a su cargo la dirección, administración o gerencia, serán solidariamente responsables de las sanciones establecidas en el presente capítulo."

Capítulo XIV **De la autoridad de aplicación**

Artículo 48.- Es autoridad de aplicación de la presente el organismo de más alto nivel con competencia en materia ambiental que determine el Poder Ejecutivo.

Artículo 49.- Son competencias de la autoridad de aplicación:

- a. Establecer los objetivos y políticas en materia de gestión de residuos sólidos urbanos, en concordancia con el artículo 6° de la presente.
- b. Formular los planes y programas referidos a la gestión integral de residuos sólidos urbanos privilegiando las formas de tratamiento que impliquen la reducción, reciclado y reutilización de los mismos incorporando las de tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental.
- c. Promover el cambio cultural instando a los generadores a modificar su accionar en la materia.
- d. Evaluar en forma periódica el cumplimiento de los objetivos, políticas y propuestas de esta ley.
- e. Generar un sistema de información al público, permanente, que permita conocer los avances de los programas y de fácil acceso a la comunidad.
- f. Elaborar un informe anual para ser remitido a la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Este informe debe describir, como mínimo, tipo, volumen y cantidad de materiales recolectados como así también la cantidad total y composición de los residuos que hayan sido reutilizados, reciclados, valorizados y los derivados a los sitios de disposición final.
- g. Formular planes y programas referidos a la integración de los circuitos informales en la gestión integral de recolección de residuos sólidos urbanos.
- h. Promover programas de educación ambiental centrados en los objetivos de reducción, reutilización y reciclado sin perjuicio de lo normado en la Ley N° 1.687.
- i. Crear el Registro de Operadores de Residuos Sólidos Urbanos y fiscalizar a los inscriptos en dicho registro respecto del cumplimiento de lo dispuesto por la presente.
- j. Garantizar que los residuos sean recolectados y transportados a los sitios habilitados mediante métodos que prevengan y minimicen los impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.
- k. Establecer las metas anuales de reducción de residuos a ser depositados en los centros de disposición final en base a las metas globales establecidas en el artículo 6° de la presente.

Artículo 50.- La autoridad de aplicación deberá requerir del Consejo Asesor Permanente, dentro del marco de la Ley N° 123, asesoramiento en la materia regulada por la presente.

Capítulo XV Convenios interjurisdiccionales

Artículo 51.- El Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires promoverá la firma de acuerdos con otras jurisdicciones a fin de propender al mejor cumplimiento de lo dispuesto por la presente y posibilitar la implementación de estrategias regionales para el procesamiento o disposición final.

Capítulo XVI Generalidades

Artículo 52.- Los gastos que demande la aplicación de la presente ley durante el Ejercicio 2006 serán imputados a las partidas previstas para tal fin.

Capítulo XVII

Artículo 53.- La autoridad de aplicación implementará un cronograma gradual mediante el cual los productores, importadores y distribuidores de elementos o productos de difícil o imposible reciclaje, y aquellos que siendo residuos sólidos urbanos presenten características de toxicidad y nocividad significativas se harán cargo del reciclaje o la disposición final de los mismos.

Artículo 54.- Para el supuesto de alcanzarse la meta del 75% citada en el artículo 6° de la presente, se evaluará incorporar como métodos de disposición final, otras tecnologías, incluida la combustión, siempre y cuando se garantice la protección de la salud de las personas y el ambiente.

Artículo 55.- La autoridad de aplicación establecerá un cronograma gradual mediante el cual implementará la separación en origen, disposición inicial selectiva y recolección diferenciada respetando lo establecido en el artículo 10, inciso 2) de la presente.

Capítulo XVIII Disposiciones adicionales

Artículo 56.- La presente norma deberá ser reglamentada dentro de los ciento ochenta (180) días desde su publicación.

Artículo 57.- Derógase la Ordenanza N° 34.523 AD. 470.4, B.M. N° 15.883, el Decreto N° 1.033/80, A.D. 470.5, B.M. N° 16.228, Decreto N° 613/82, B.M. N° 16.713.

Cláusulas transitorias

Artículo 58.- Los plazos previstos en el artículo 6° podrán prorrogarse en un lapso de tiempo igual o inferior al transcurrido desde la aprobación de la presente ley hasta la aprobación de la modificación del Código de Planeamiento Urbano que incorpore el tipo de uso asimilable a la función de Centro de Selección o Centro Verde y/o Centro de Tratamiento o Reciclado.

Artículo 59.- A partir de la vigencia de la presente ley será obligatorio que los residuos sólidos urbanos sean colocados en bolsas biodegradables.

Artículo 60.- Comuníquese, etc.

SANTIAGO DE ESTRADA

JUAN MANUEL ALEMANY

LEY N° 1.854

Sanción: 24/11/2005

Promulgación: Decreto N° 7 del 04/01/2006

Publicación: BOCBA N° 2357 del 12/01/2006

Reglamentación: [Decreto N° 639/007](#) del 04/05/2007 (Modificado por el [Decreto N° 128/014](#) del 03/04/2014)

Publicación: BOCBA N° 2680 del 09/05/2007

Reglamentación: [Decreto N° 760/008](#) del 26/06/2008

Publicación: BOCBA N° 2962 del 1°/07/2008

Anexo B: Script de MATLAB para estimación futura de generación de RSU

```
%Matriz de Calculo
x= [2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013];
y= [1443047 1421842 1492867 1477147 1536453 1645368 1884460 1847748 2110122
2276813 2131078 2160000];

%1 polinomial
val = polyfit(x,y,2);
syms('t');
ft = val(1)*t^2+val(2)*t+val(3);

ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y-mean(y)).^2);
sr = sum((y-ftt(x)).^2);
RPolinomial = (st-sr)/st
subplot(2,2,1);
plot(x,y,'ob',x,ftt(x),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','NorthEast');
title(strcat('F. Polinomial r^2=', num2str(RPolinomial)))

%2 Regresion Lineal

val = polyfit(x,y,1);
```

```

syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y-mean(y)).^2);
sr = sum((y-ftt(x)).^2);
RLineal = (st-sr)/st
subplot(2,2,2);
plot(x,y,'ob',x,ftt(x),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','SouthEast');
title(strcat('Regresión Lineal r^2=',num2str(RLineal)));

%3 Potencia

x1 = log(x);
y1 = log(y);

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RPotencia = (st-sr)/st
subplot(2,2,3);
plot(x1,y1,'ob',x1,ftt(x1),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','NorthEast');
title(strcat('F. Potencia r^2=',num2str(RPotencia)));

%4 Reciproca

x1 = x;
y1 = 1./y;

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RInv = (st-sr)/st
subplot(2,2,4);
plot(x1,y1,'ob',x1,ftt(x1),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','NorthWest');
title(strcat('F. Recíproca r^2=',num2str(RInv)));

%5 Exponencial e

x1 = x;
y1 = log(y);

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);

```

```

RExponencialE = (st-sr)/st
subplot(1,2,1);
plot(x1,y1,'ob',x1,ftt(x1),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','NorthEast');
title(strcat('F. Exponencial base e r^2=',num2str(RExponencialE)));

%6 Exponencial 10

x1 = x;
y1 = log10(y);

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RExponencial10 = (st-sr)/st
subplot(1,2,2);
plot(x1,y1,'ob',x1,ftt(x1),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','NorthEast');
title(strcat('F. Exponencial base 10 r^2=',num2str(RExponencial10)));

%7 Logaritmica

x1 = log(x);
y1 = y;

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RLogE = (st-sr)/st
subplot(1,2,3);
plot(x1,y1,'ob',x1,ftt(x1),'-m');
legend('RSU CABA','Curva Ajuste','Location','NorthEast');
title(strcat('F. Logaritmica r^2=',num2str(RLogE)));

```

Anexo C: Ecuaciones de las variables del modelo

(01) Cantidad de Camiones=

600

Units: camiones

(02) Cantidad de Estaciones de Transferencia=

4

Units: cantidad de estaciones [1,10,1]

(03) Capacidad de Estaciones de Transferencia=
1588

Units: toneladas [0,2000,100]

(04) Capacidad de Reciclaje=

DELAY FIXED(Capacidad Reciclaje Inicial+(Inversión en Mejoras*Decisión
Política

), Momento de Acción, Capacidad Reciclaje Inicial)

Units: Porcentaje

(05) Capacidad en Tn=

10

Units: toneladas [?,?,1]

(06) Capacidad Reciclaje Inicial=

0.15

Units: **undefined**

(07) Contaminación por Excedente=

(RSU en CABA a Recolectar-RSU Recolectado)

Units: toneladas

(08) Costo por tonelada en mitigar contaminación=

126.04

Units: pesos

(09) Decisión Política=

0

Units: **undefined** [0,1,1]

(10) Efectividad en Reciclaje=

0.7

Units: **undefined** [0,1,0.05]

(11) FINAL TIME = 3600

Units: Day

The final time for the simulation.

(12) Gasto Total CABA en RSU=

(Contaminación por Excedente*Costo por tonelada en mitigar contaminación
)

Units: pesos

(13) INITIAL TIME = 0

Units: Day

The initial time for the simulation.

(14) Inversión en Mejoras = WITH LOOKUP (

Gasto Total CABA en RSU,

([(0,0)-

(10,10)],(250000,0.1),(500000,0.25),(750000,0.4),(1e+006,0.6),(1.5e+006
,0.75)))

Units: Porcentaje de Inversión

(15) Momento de Acción=

360

Units: **undefined** [1,360,1]

(16) Relleno Sanitario=

IF THEN ELSE((Cantidad de Estaciones de Transferencia*Capacidad de
Estaciones de Transferencia

)>=(RSU en Estaciones de Transferencia+Transporte), 0, RSU en Estaciones de Transferencia

)

Units: toneladas

(17) RSU a Reciclar=

RSU diario*Capacidad de Reciclaje

Units: toneladas

(18) RSU diario=

$(1/(-2.8881e-008*(2014+INTEGGER(Time/360))+5.856e-005))/360$

Units: toneladas

(19) RSU en CABA a Recolectar=

RSU no Reciclado Pos Tratamiento+RSU sin Reciclar

Units: toneladas

(20) RSU en Estaciones de Transferencia= INTEG (

Transporte-Relleno Sanitario,

0)

Units: toneladas

(21) RSU no Reciclado Pos Tratamiento=

RSU a Reciclar*(1-Efectividad en Reciclaje)

Units: toneladas

(22) RSU Reciclado=

RSU a Reciclar*Efectividad en Reciclaje

Units: toneladas

(23) RSU Recolectado=

IF THEN ELSE((Cantidad de Camiones*Capacidad en Tn)>RSU en CABA a
Recolectar

, RSU en CABA a Recolectar,

(Cantidad de Camiones*Capacidad en Tn))

Units: toneladas

(24) RSU sin Reciclar=

RSU diario*(1-Capacidad de Reciclaje)

Units: toneladas

(25) SAVEPER =

TIME STEP

Units: Day [0,?]

The frequency with which output is stored.

(26) TIME STEP = 1

Units: Day [0,?]

The time step for the simulation.

(27) Transporte=

RSU Recolectado

Units: **undefined**