

“Modelo de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos para el Área Metropolitana de Buenos Aires”

“Urban Solid Waste Final Disposal on Buenos Aires Metropolitan Area”

- Lic. Maximiliano Castelli – Alumno de Ingeniería Informática – Facultad de Ingeniería – UADE – maximiliano.castelli@gmail.com, mcastelli@uade.edu.ar
- Lic. Mariano Di Libero – Alumno de Ingeniería Informática – Facultad de Ingeniería – UADE. mariano.dilibero@gmail.com, mdilibero@uade.edu.ar

RESUMEN

El cinturón poblacional denominado como área metropolitana de Buenos Aires (A.M.B.A.) con una población aproximada de 14,5 millones de habitantes representa uno de los centros urbanos más poblados del mundo, concentrando más del 35% de la población del país, del cual cifras oficiales señalan que en la actualidad se producen por día aproximadamente unas 9.500 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los cuales son gestionados por el ente denominado Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado, más conocido por sus siglas como C.E.A.M.S.E. El ente se encuentra operando desde 1978, luego de un acuerdo entre el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, ambos gobiernos compartiendo iguales partes accionarias.

El crecimiento poblacional sostenido en el área de referencia, deriva en una marcada tendencia creciente en la generación de RSU y, en consecuencia, una demanda de generación de políticas públicas de corto, mediano y largo plazo para alcanzar una mayor capacidad operativa en la etapa de disposición final.

En el presente trabajo analizaremos la administración de dicha disposición que pone de manifiesto la preocupación de cómo disponer de los RSU de una manera efectiva y a la vez mitigar las consecuencias ambientales que de por sí representa.

Un alto porcentaje de los RSU que se reciben no tienen tratamiento alguno y son enviados directamente a la etapa de compactación, previa a su disposición final en una instalación de ingeniería diseñada y operada para minimizar los impactos sobre el medioambiente y la salud pública, denominada como “Relleno Sanitario”, instalaciones que son construidas en terrenos públicos adjudicados al C.E.A.M.S.E. para tal fin.

Este comportamiento actual permite evidenciar un crecimiento constante en el uso del espacio de Relleno Sanitario, con una relación directa al crecimiento en generación de RSU, que continuamente produce la saturación de dichas instalaciones.

Recientemente con la construcción de una planta de Tratamiento Mecánico-Biológico (M.B.T.) se ha comenzado el camino para reducir el volumen de desechos a disponer en el Relleno Sanitario, recuperando materiales reciclables y estabilizando aquellos biodegradables.

El incremento de esta nueva capacidad operativa asegurará en un futuro la optimización del uso del espacio de Relleno Sanitario con un mayor aprovechamiento de materiales reciclables recuperados (Fertilizantes naturales y Fardos de Reciclaje) al ser nuevamente reinsertados en el circuito comercial, generando una fuente de ingresos que amortice la inversión en la infraestructura para la gestión de RSU.

ABSTRACT

En este mismo sentido, el aprovechamiento de los gases emitidos por los Rellenos, su transformación en Biogás y la generación de energía eléctrica a partir del mismo, constituye otra de las posibles fuentes para alcanzar la auto-sustentación y aprovechamiento total de la actividad.

Basados en las técnicas ofrecidas por la Dinámica de Sistemas, disciplina competente para abordar la complejidad de sistemas realimentados a partir de la interrelación de subsistemas acoplados dinámicamente, se aborda el problema mencionado.

Podemos mencionar como puntos importantes para el desarrollo los siguientes tópicos diferentes:

- *Tratamientos de los RSU previos a su disposición en el Relleno Sanitario.*
- *Optimización de la vida útil del relleno.*
- *Tratamientos de RSU post Relleno*
- *Sustentabilidad económica de la actividad*
- *Ciclo de vida del relleno sanitario y generación de nuevo espacio de relleno*

A los efectos de evidenciar el comportamiento expuesto procederemos a la construcción de un modelo computacional parametrizado con datos históricos de las variables principales (construido en la plataforma VenSim PLE Plus), que contiene diferentes interfaces de visualización de resultados cuyas evoluciones pueden ser ajustadas en tiempo real a partir de la modificación de los parámetros críticos que condicionan el comportamiento del sistema, simulando escenarios futuros y evaluando efectos de las diferentes políticas operativas alineadas con ensayos de decisiones tendientes a disponer los RSU de manera efectiva, logrando optimizar el uso del espacio de Relleno Sanitario y de dicha manera mitigar su continuo crecimiento.

Palabras Clave: residuos sólidos urbanos - disposición final – relleno sanitario – impacto ambiental.

Buenos Aires metropolitan area (A.M.B.A) has an approximated population of 14,5 million habitants and it represents one of the most populated urban centers around the world, concentrating over 35% of country's population, official figures point out that almost 9.500 tones of urban solid waste (USW) are produced on a daily basis, and its management held by a concession to a society conformed with equal shares, by City of Buenos Aires Autonomous Government and Buenos Aires State Government, named as “Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado” known by its acronym C.E.A.M.S.E. which has been operating since 1978.

A sustained population growth in this urban area leads to a marked growing in USW generation, and as consequence, a growing demand of short, medium and long term policies in order to achieve a greater operative capacity for final disposal phase.

In this paper we will analyze final disposal management highlighting concern of how to dispose USW in an effective way and mitigate environmental consequences at the same time.

A high percentage of USW received does not have any kind of treatment and are sent directly to compacting stage prior to final disposal at an operative engineered facility designed for minimizing environmental and public health impact known as Sanitary Landfill, these facilities are built on public lands allocated to C.E.A.M.S.E. for this purpose.

This present behavior makes Sanitary Landfill constant growth evident, with a direct relationship to growth in USW generation, which continuously produces saturation of these facilities.

Recently with the construction of a Mechanical-Biological Treatment facility a new path was opened to reduce volume of USW final disposal at Sanitary Landfill, recovering recycling materials and stabilizing biodegradable ones.

An increase in this new operative capacity will assure optimal use of Sanitary Landfill with a better use of recovered recyclable materials (natural fertilizers, recycling bundles) being reinserted into commercial circuit again, generating a source of income to amortize investment in USW management infrastructure.

In that same sense, Landfill gas emanation exploitation transforming it into Biogas and generating a new source of energy, at the same time representing another source of income in order to achieve financial sustainable development of activity.

Based on techniques provided by System Dynamics, competent discipline to board complexity of backfed systems from coupled dynamic subsystems interrelationships, we address mentioned problem.

Proceeding with subject development, following milestones can be mentioned:

- *USW treatment prior to final disposal at Sanitary Landfill.*
- *Optimization of Sanitary Landfill life.*
- *Use of output from Sanitary Landfill treatment*
- *Financial sustainability of the activity*
- *Sanitary Landfill lifecycle and creation of new landfill areas*
- *Environmental Impact and Political influence*

In order to demonstrate behavior exhibited we will proceed to the construction of a configured computer model with historical data of principal variables (to be built in VenSim PLE Plus platform), which will contain different results visualization interfaces whose evolution can be adjusted in real time with the modification of critical parameters which determine system behavior, simulating possible future scenarios and evaluating consequences of different operative policies aligned to decisions aimed to dispose USW in an effective way, achieving the optimization of the use of Sanitary Landfill plots, mitigating its continuous growth.

Keywords: urban solid waste – final disposal – environmental impact

1. PROBLEMÁTICA ACTUAL

El C.E.A.M.S.E conlleva la actividad de realizar la disposición final para los RSU que provienen tanto de A.M.B.A. como de 33 Municipios del Gran Buenos Aires.

Hay una problemática común para todos: El espacio destinado a Relleno Sanitario está agotándose (se estima que el relleno llegaría a su límite máximo de enterramiento de residuos para Mayo del próximo año), y no se están llevando a cabo las medidas necesarias para conseguir y acondicionar un nuevo espacio de relleno.

Cada municipio y en general, la provincia, es responsable por los residuos que esta genere. Las políticas necesarias para optimizar el espacio de relleno, deberán ser tomadas por la secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Organismo provincial de Desarrollo Sostenible (OPDS) a cargo de la gestión de los RSU en la provincia, siempre en concordancia con el gobierno de CABA.

Los basurales a cielo abierto, generan una gran contaminación en el medio ambiente, generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero, contaminando las napas subterráneas por derramamiento de líquidos lixiviados, generando malos olores, contaminación visual, etc.

Estudiando los países de mayor desarrollo en medidas de Gestión de RSU, pudimos comprobar que el método adoptado en el país es el adecuado para acercarse al objetivo de la máxima efectividad posible. La planta C.E.A.M.S.E ha sido tomada como ejemplo de Disposición Final por varias provincias e incluso ha alcanza un reconocimiento importante en la región.

Ahora bien, es necesario optimizar y disminuir al máximo el material a disponer en el menor tiempo posible y podemos marcar algunas de las causas; el relleno se satura cada vez con mayor rapidez y existe un desaprovechamiento de recursos que son potencialmente renovables.

El centro del estudio es plasmar el esfuerzo que sería necesario para lograr aletargar lo máximo posible la saturación del espacio de relleno y mientras, con la aplicación de las políticas necesarias, crear un nuevo

espacio para continuar con el enterramiento de los RSU en un lugar propicio a tal fin.

Se cuentan con varias herramientas para lograrlo:

Tratamientos biomecánicos: la planta M.B.T., realiza una separación de materiales reciclables y un tratamiento en lo no reciclable, reduciendo hasta en un 60% el volumen a Disposición Final.

Tratamiento por compost: reduce en un 100% la Disposición final, pero este método es aplicable a un sector específico de los RSU, provenientes de mercados de frutos y de la poda (que representa un 2% del total de los RSU).

Entonces, por el amplio volumen de tratamiento y la gran tasa de efectividad del método, nos abocaremos a estudiar el saneamiento de la problemática, a partir de la Planta M.B.T.

2. MODELADO CONCEPTUAL

Tratamientos de los RSU previos a su disposición en el Relleno Sanitario

Estudiando las estadísticas obtenidas en documentos oficiales provistos por C.E.A.M.S.E pudimos evaluar que en los últimos años ha habido un crecimiento constante del volumen recibido en las instalaciones, pasando de 3.161.117,93 Tn/Año en 2009 a 3.428.263.77 Tn/Año en 2011, representando una tasa de crecimiento en promedio aproximada del 4% anual (Figura 1).

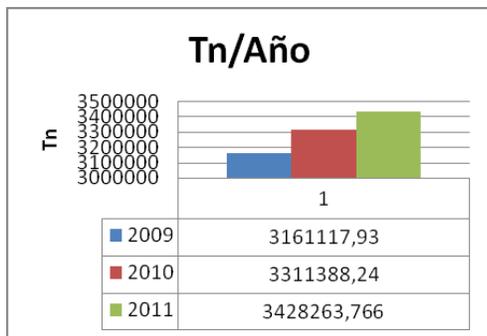


Figura 1: Crecimiento volumen Toneladas RSU

No ha sido sino hasta muy recientemente, que los RSU recibidos en las plantas de C.E.A.M.S.E no tenían tratamiento alguno, más que la compactación de los mismos previo a su disposición final en el Relleno Sanitario.

Con la reciente apertura de la primera planta de Tratamiento Mecánico-Biológico (M.B.T.) del país, se abre el camino de esta nueva tecnología que combina clasificación y proceso mecánico con tratamiento biológico.

Dicha planta, en su etapa mecánica de clasificación permite la separación de RSU húmedos y secos, de estos últimos recuperar todo aquello que sea reciclable (papel, cartón, vidrio, etc.) para su posterior enfardo y comercialización.

Posteriormente luego de una etapa donde se separan los metales mediante tecnología de imanes, se realiza la etapa biológica de tratamiento de la porción de RSU húmedos donde se los encapsula en los denominados “biorreactores” y al cabo de 21 días, su resultado es la bioestabilización del material, que será utilizado como cobertura provisoria del Relleno Sanitario.

Los documentos oficiales señalan que las instalaciones de la planta M.B.T. tienen una capacidad para procesar 1000 Tn/día con 3 líneas de tratamiento, considerando 310 días operativos, arrojan un total de 310.000 Tn/año.

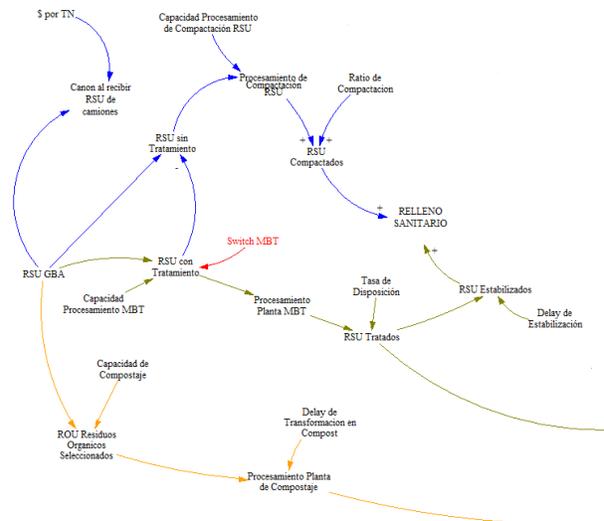


Figura 2: Módulo de Tratamiento Previo a Disposición Final

Optimización de la vida útil del relleno

Como mencionamos en el anterior punto, sólo recientemente se ha comenzado a utilizar nuevas tecnologías en el tratamiento previo a la disposición final, anteriormente la compactación y disposición no sólo omitían el aprovechamiento de materiales sino que a la vez demandaba una constante expansión del espacio de terreno disponible para la construcción de Rellenos Sanitarios, siendo el crecimiento de este espacio de terreno constante y totalmente dependiente del volumen de RSU generado.

Si la tecnología que provee la planta M.B.T. es utilizada, permitirá optimizar el tratamiento de RSU, contribuyendo al proceso de reciclado, mejorando la calidad de los RSU que son luego dispuestos logrando una mayor estabilidad del Relleno Sanitario y disminuyendo al mismo tiempo el volumen de Disposición Final, de esta manera extendiendo la vida útil de las instalaciones de relleno.

Tratamientos de RSU post Relleno

Los tratamientos post Relleno se resumen como dos actividades obligatorias en la Disposición Final, denominadas como Tratamiento de Lixiviados y Tratamiento de Emisión de Gases. Más allá del reaprovechamiento y venta de energía eléctrica, que significó un gran avance en tratamiento de gases, lo importante en este punto, es minimizar el impacto ambiental.

Por tal medida en el relleno sanitario, se instalan caños que captan por un lado la emisión de gases y por el otro los líquidos lixiviados, ambos producto de la descomposición y achicamiento de la basura enterrada. Los líquidos son transportados hacia piletas, donde se aplican distintos tratamientos químicos por un tiempo determinado, hasta conseguir que los mismos sean transformados en Agua Potable, que va a ser devuelta nuevamente a su curso habitual, y evitando además la contaminación por derramamiento de los mismos en las napas subterráneas.

En igual medida, los gases son captados y transportados hacia grandes tanques. Los mismos luego

de un proceso, son licuados y transformados en Biogás para así poder hacer funcionar el generador de energía eléctrica. La generación de energía eléctrica a partir de biogás no sólo reemplaza la utilización de generación convencional, sino que al hacerlo, evita la emisión de metano a la atmósfera, un gas que en relación con el dióxido de carbono es 20 veces más potente para el calentamiento global.

Todo el proceso se realiza en el mismo predio, logrando obtener un producto totalmente transformado a partir de lo que antes era sólo desperdicio. Teniendo en cuenta que con el aprovechamiento del Gas Metano, se evita que la ventilación de demás gases se causara un gran impacto ambiental, no sólo por la contaminación de la capa de ozono, sino también por los olores y la fuente de enfermedades que pueden surgir de la exposición de los mismos en habitantes cercanos.

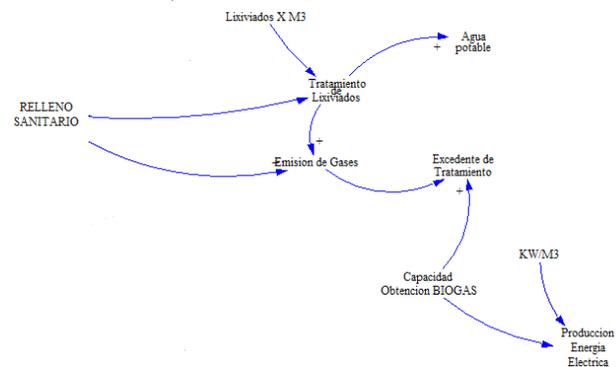


Figura 3: Módulo de Tratamiento RSU post Relleno

Sustentabilidad económica de la actividad

Una parte de la actividad de la Disposición Final, es ir en camino a hacia la auto-sustentación económica, alentando de esa forma al Estado a realizar las inversiones en tecnologías de tratamiento necesarias, además de ser un adelanto en materia de conciencia ambiental.

Por un lado, el primer y gran aporte a la actividad, es el canon que se paga por cada camión que ingresa al predio del C.E.A.M.S.E, pagando por cada tonelada de residuos que ingresa. Dicho canon actualmente ronda los 145 \$ /Tn.

En segunda medida, se encuentra el resultante del tratamiento por Compost, que su resultado son fertilizantes para campos y recupero de lugares

desérticos. En este caso el aporte es mucho menor, dado por el volumen de tratamiento.

Por otro lado, está la generación de energía eléctrica a partir del Biogás que se genera con las emisiones de gas en los espacios de relleno y de los líquidos lixiviados. En principio además se suman los gases emanados de otros espacios de relleno que no estén en actividad.

En el mismo predio del C.E.A.M.S.E se cuenta con dos plantas generadores de Electricidad que suman a la red del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) 1 megavatio (MW).

Por último, tenemos el más importante de los proyectos actuales, el producto resultante de la Planta M.B.T., los Fardos de Reciclaje. Los mismos significarían un 60% de lo tratado por dicha planta. Con todas estas actividades económicas, y quitándole los costos de todo el proceso como el tratamiento de lixiviados, el tratamiento, enterramiento, etc. Se pretende llegar en un futuro a un equilibrio en la actividad.

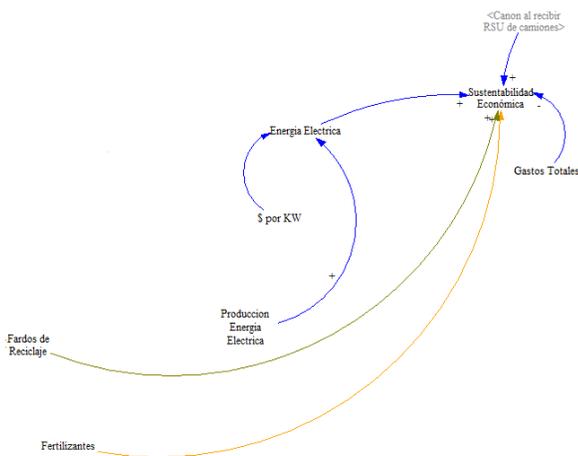


Figura 4: Módulo de Sustentabilidad económica de la actividad

Ciclo de vida del relleno sanitario y generación de nuevo espacio de relleno

El ciclo de vida de un espacio de relleno está marcado a fuego desde su concepción. Todo espacio de relleno está pensado para cubrir, en base a una capacidad en M3, la demanda de enterramiento de RSU Compactados durante un periodo determinado de tiempo. Y ese tiempo

es determinado en base a la cantidad de RSU que ingresan al predio diariamente.

Entonces, con el crecimiento constante de estas cantidades, sumado a la inacción en materia de optimización, los espacios de relleno disminuyeron su real planificación de ciclo de vida (no se puede pensar en el acondicionamiento y construcción de un espacio de relleno para menos de 10 a 15 años de explotación efectiva), dejando al descubierto los problemas de falta de acuerdos de los gobernantes en la búsqueda y construcción de nuevos predios para tal fin.

Lo que planteamos entonces es que dado determinado porcentaje de ocupación del terreno dentro del relleno sanitario (cuando su capacidad se encuentre en un 80%), se active la necesidad de la búsqueda y construcción de un nuevo espacio. Esto solo no dispara el proceso, sino hasta que (por varias razones, como el impacto social, alcance del presupuesto, etc.) se tome la decisión política de realizar la inversión.

Una vez tomada la decisión política, se calcula no menos de 1 año en la construcción del nuevo predio.

En caso de que la decisión política no llegara a tiempo, por más que el disparador avise que se precisa de un nuevo espacio, dado el alto porcentaje de ocupación del actual, no habrá obra, y no habrá nuevo espacio en tiempo y forma en donde realizar la Disposición Final, con todos los problemas que esto conllevaría, que no son tratados en el presente artículo, pero por citar algunos habría un aumento de los malos olores, derramamiento de lixiviados y emisión de gases sin posibilidad de control alguno, ahondando el impacto ambiental, causados por la exposición a cielo abierto de los RSU.

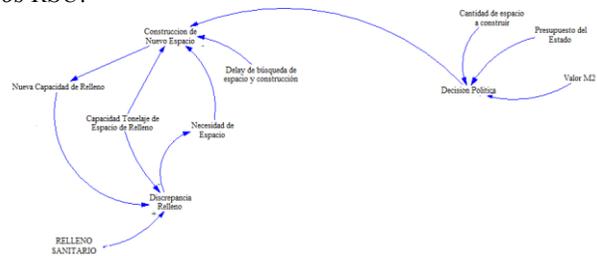


Figura 5: Módulo de generación de nuevo espacio de relleno

3. OBJETIVOS OPERATIVOS - INDICADORES

Una vez validado el modelo, podremos simular el comportamiento de la Disposición Final de manera de poder señalar distintos factores relevantes:

Consecuencias del crecimiento anual de RSU a Disposición Final sin uso de Planta M.B.T.:

Como consecuencia principal podremos encontrar la continua ocupación de terreno para construir nuevos Rellenos Sanitarios producto de políticas cortoplacistas, debido a la continua saturación de los existentes, para disponer de un volumen cada vez mayor de RSU, y los costos que constituye la construcción de instalaciones aledañas que hacen a la operatividad del mismo.

Con el modelo en funcionamiento, lo que deseamos exponer es que el Espacio de Relleno Sanitario Utilizado, espacio previsto para una duración de 10 años, llega a saturarse antes del cumplimiento de dicho plazo, esto es debido al incremento anual del volumen de recepción de RSU para la Disposición Final y a que no son llevadas a cabo las decisiones políticas que soporten las conclusiones de los análisis de seguimiento de la operatividad en dichas instalaciones.

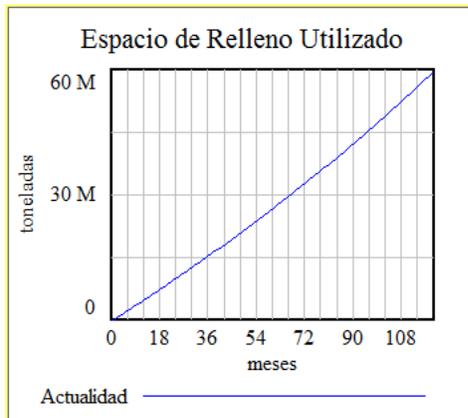


Figura 6: Espacio de Relleno sin uso Planta MBT (actualidad)

Podemos observar que en el periodo de 120 meses se alcanzó un total de casi 60 millones de tonnelladas vertidas, para un Relleno Sanitario pensado para una capacidad de 15 millones.

Time (Month)	"Espacio Relleno Utilizado"	Espacio Relleno Utilizado
100	Relleno	4.7586e+007
101	Utilizado"	4.81511e+007
102	Runs:	4.87181e+007
103	Current	4.9287e+007
104	Relleno	4.98578e+007
105		5.04305e+007
106		5.10051e+007
107		5.15816e+007
108		5.21601e+007
109		5.27404e+007
110		5.33227e+007
111		5.3907e+007
112		5.44932e+007
113		5.50813e+007
114		5.56714e+007
115		5.62635e+007
116		5.68576e+007
117		5.74536e+007
118		5.80516e+007
119		5.86516e+007
120		5.92536e+007

Figura 7: Espacio de Relleno sin uso Planta MBT (actualidad)

En relación a la sustentabilidad económica dentro del contexto sin uso de Planta MBT, podemos observar que en el periodo de los 120 meses los ingresos que principalmente se obtienen a partir del pago de impuestos calculado por el peso en cada camión que ingresa al predio no superan los 185 millones de pesos.

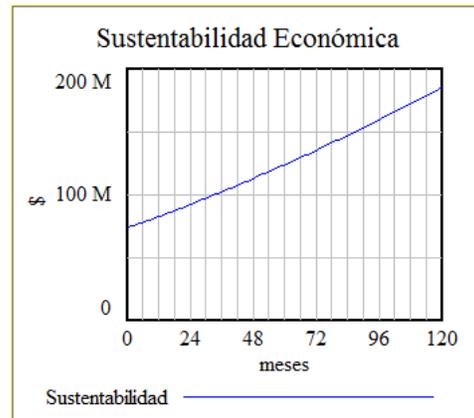


Figura 8: Sustentabilidad Económica sin uso Planta MBT

Time (Month)	Sustentabilidad Económica
100	1.63202e+008
101	1.64268e+008
102	1.65337e+008
103	1.6641e+008
104	1.67486e+008
105	1.68566e+008
106	1.69649e+008
107	1.70736e+008
108	1.71827e+008
109	1.72922e+008
110	1.7402e+008
111	1.75121e+008
112	1.76227e+008
113	1.77336e+008
114	1.78448e+008
115	1.79565e+008
116	1.80685e+008
117	1.81809e+008
118	1.82937e+008
119	1.84068e+008
120	1.85203e+008

Figura 9: Sustentabilidad Económica sin uso Planta MBT

Otro aporte para lograr la Sustentabilidad Económica es la obtención de fardos de Compost a partir de la producción realizada en la planta de compostaje, y se calcula que su materia principal proveniente de aquellos Residuos Orgánicos Seleccionados representa un 2% del total del volumen de toneladas ingresadas mensualmente. Podemos observar que la producción de fardos de compost alcanza el orden de 1.48 millones de toneladas.

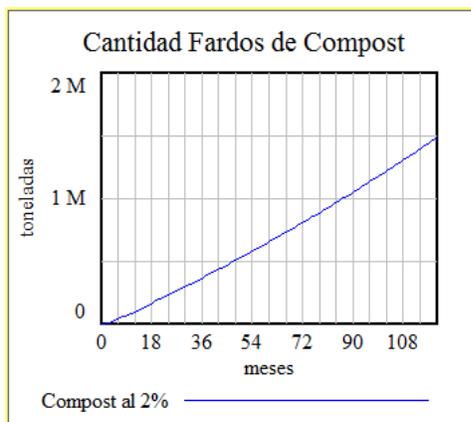


Figura 10: Sustentabilidad Económica sin uso Planta MBT

Dentro de este contexto actual, el valor económico de los fardos de compost puede calcularse en el orden cercano a los 74 millones de pesos

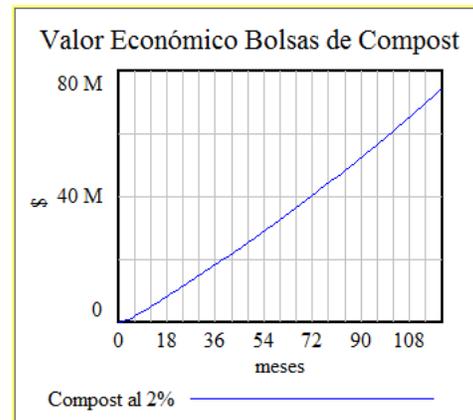


Figura 11: Sustentabilidad Económica sin uso Planta MBT

En cuanto al aprovechamiento del Biogás capturado, podemos señalar que con una capacidad de tratamiento de emisión al 0.5%, luego del proceso de transformación en Biogás, se obtienen aproximadamente poco más de 8.35 millones de kilovatios.

Cabe destacar que no solo se genera energía a partir de una fuente renovable, sino que también se contribuye a la recuperación y eliminación del gas metano mediante este proceso.

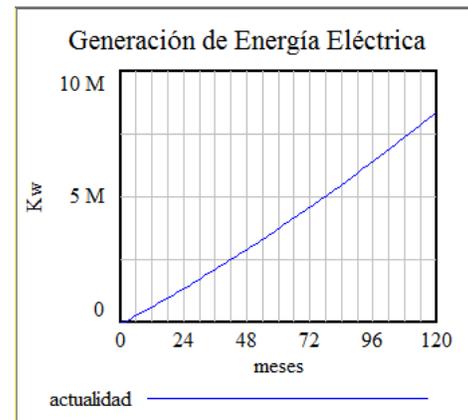


Figura 12: Sustentabilidad Económica sin uso Planta MBT

Consecuencias del crecimiento anual de RSU a Disposición Final con uso de Planta M.B.T.:

Como una política a largo plazo para la gestión de Disposición Final, podremos señalar que el uso de las Plantas M.B.T. permitirá atenuar la evolución y utilización de espacio de Relleno Sanitario, logrando disponer solamente de un volumen mínimo indispensable a pesar de contar con un incremento constante en la generación de RSU, gracias a que existiría la posibilidad de recuperar materiales reciclables, pudiendo incrementar la capacidad operativa de cada Planta M.B.T., o construyendo nuevas.

Una vez que en el modelo probamos la simulación a partir de activar el uso de la Planta MBT, podremos observar las siguientes variaciones, teniendo en cuenta que dicha planta tiene una capacidad operativa para tan sólo capturar aproximadamente el 20% del ingreso de RSU provenientes de AMBA, podemos notar una leve disminución cercana a las 48.5 millones de toneladas vertidas en 120 meses.

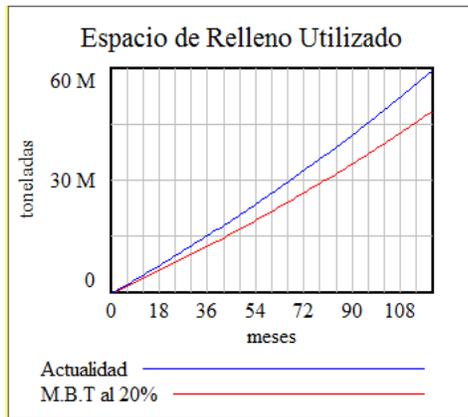


Figura 13: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

Time (Month)	"Espacio Relleno Utilizado"	Espacio Relleno Utilizado
100	Relleno	3.88273e+007
101	Utilizado"	3.92886e+007
102	Runs:	3.97514e+007
103	Current	4.02157e+007
104	Relleno20	4.06816e+007
105		4.1149e+007
106		4.1618e+007
107		4.20886e+007
108		4.25607e+007
109		4.30344e+007
110		4.35097e+007
111		4.39866e+007
112		4.44651e+007
113		4.49451e+007
114		4.54268e+007
115		4.591e+007
116		4.63949e+007
117		4.68814e+007
118		4.73695e+007
119		4.78593e+007
120		4.83506e+007

Figura 14: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

Sin embargo la variación en Sustentabilidad Económica, con tan sólo una capacidad de la planta al 20%, podemos notar un crecimiento notable, con un retorno financiero del orden de los 717 millones de pesos aproximadamente.

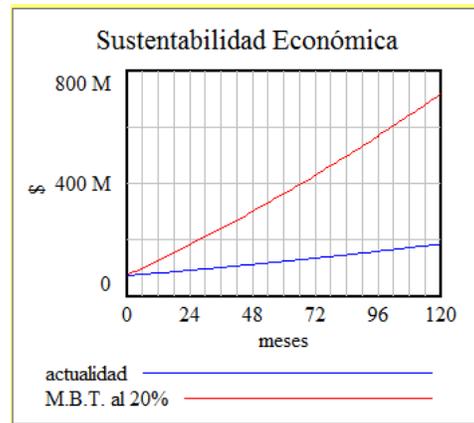


Figura 15: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

Table Time Down	
Time (Month)	"Sustentabilidad Económica"
100	d Económica" 5.90952e+008
101	Runs: 5.97073e+008
102	Current 6.03215e+008
103	Relleno20 6.09377e+008
104	6.15559e+008
105	6.21762e+008
106	6.27986e+008
107	6.3423e+008
108	6.40496e+008
109	6.46782e+008
110	6.53089e+008
111	6.59417e+008
112	6.65766e+008
113	6.72137e+008
114	6.78528e+008
115	6.84959e+008
116	6.91396e+008
117	6.97853e+008
118	7.0433e+008
119	7.10829e+008
120	7.1735e+008

Figura 16: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

Lo anteriormente mencionado es posible gracias a la obtención de unos 9.2 millones de fardos de reciclaje de distintos materiales recuperables.

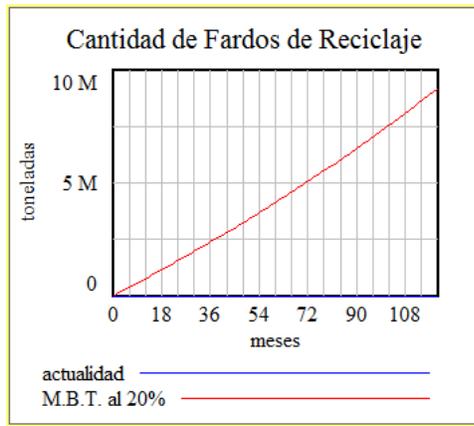


Figura 17: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

El valor económico de los fardos producidos puede calcularse en el orden de los 460 millones de pesos.

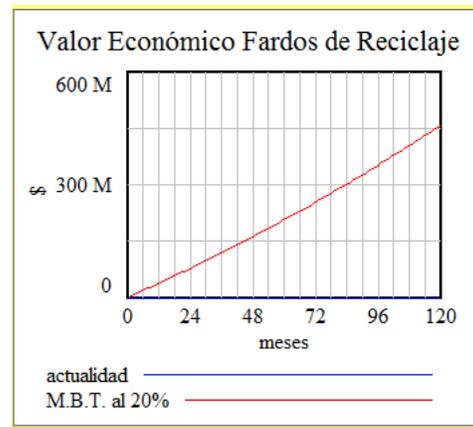


Figura 18: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

A partir de la producción realizada en la planta de compostaje, se calcula que duplicando su capacidad de manera que su materia principal proveniente de aquellos Residuos Orgánicos Seleccionados represente un 4% del total del volumen de toneladas ingresadas mensualmente en lugar de un 2%. Podemos observar que la producción de fardos de compost alcanza el orden de los 3 millones de toneladas.

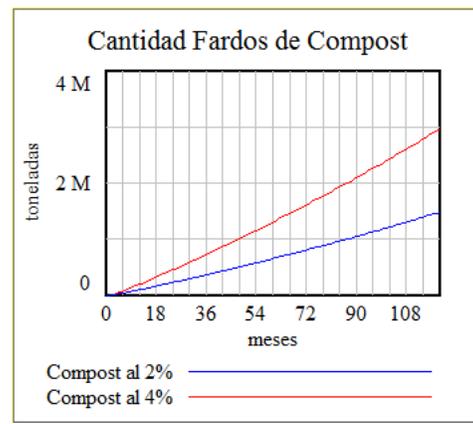


Figura 19: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

El valor económico de los fardos de compost puede calcularse en el orden cercano a los 148 millones de pesos.

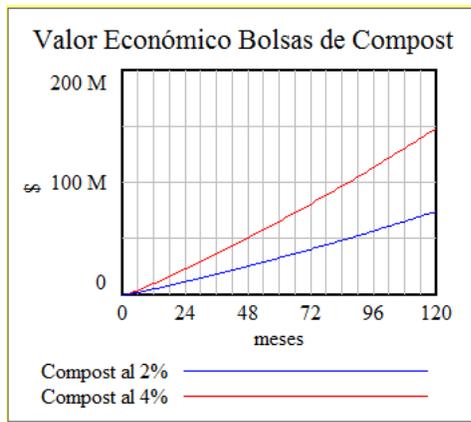


Figura 20: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

En cuanto al aprovechamiento del Biogás capturado, podemos señalar que con una capacidad de tratamiento de emisión al 1%, luego del proceso de transformación en Biogás, se obtienen aproximadamente poco más de 13.36 millones de kilovatios.

Cabe destacar que no solo se genera energía a partir de una fuente renovable, sino que también se contribuye a la recuperación y eliminación del gas metano mediante este proceso.

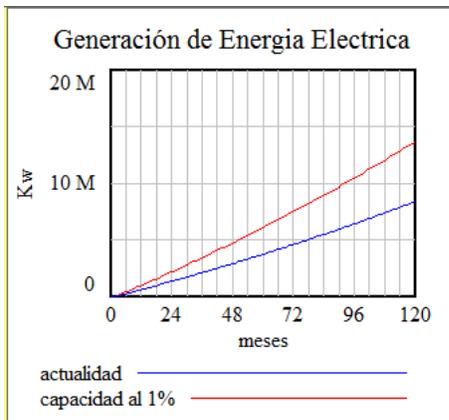


Figura 21: Sustentabilidad Económica con uso Planta MBT

A partir de dicha generación podemos obtener el valor económico que representa, un total de poco más de 136 mil pesos para un período comprendido de 120 meses.

Posibilidad de auto-sustentabilidad económica de la actividad:

En lo que respecta a los costos, en un corto plazo, con la reinserción de materiales reciclables en el circuito comercial se obtendrían beneficios que en un principio amortizarían las inversiones realizadas, para en un largo plazo alcanzar la auto-sustentabilidad de toda la actividad de Disposición Final reduciendo en significancia la inversión del estado.

Qué sucedería si se contara con el funcionamiento de una Planta de Tratamiento Mecánico Biológico para tratar un 60% de los RSU provenientes de AMBA.

El modelo nos ejemplifica una gran optimización en el uso del Espacio de Relleno Utilizado, alcanzando poco menos de 25 millones de toneladas vertidas en un período de 120 meses.

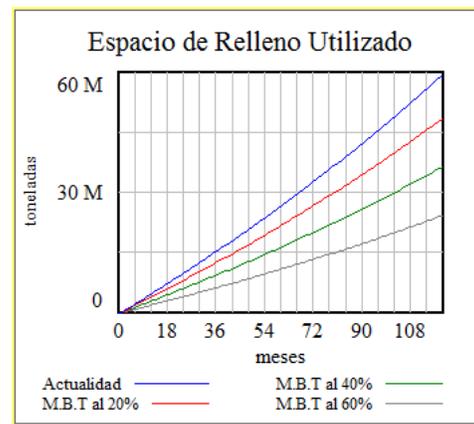


Figura 22: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

Time (Month)	"Espacio Relleno Utilizado"	Espacio Relleno Utilizado
100	Relleno	1.93676e+007
101	Utilizado"	1.95981e+007
102	Runs:	1.98294e+007
103	Current	2.00614e+007
104	Relleno60	2.02942e+007
105		2.05277e+007
106		2.07621e+007
107		2.09972e+007
108		2.12331e+007
109		2.14698e+007
110		2.17073e+007
111		2.19456e+007
112		2.21847e+007
113		2.24245e+007
114		2.26652e+007
115		2.29067e+007
116		2.31489e+007
117		2.3392e+007
118		2.36359e+007
119		2.38806e+007
120		2.41261e+007

Figura 23: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

Debido a la variación en la Capacidad de Tratamiento, de manera inmediata podemos visualizar un incremento importante en los ingresos, del orden de aproximadamente 1.930 millones de pesos durante el periodo de 120 meses, consolidando la idea de sustentabilidad económica de la actividad.

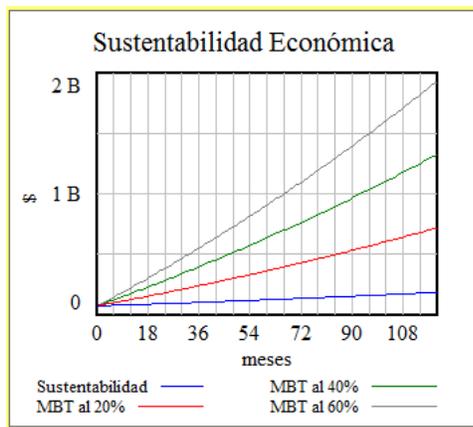


Figura 24: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

Time (Month)	"Sustentabilidad Económica"	Sustentabilidad Económica
100	d Económica"	1.56502e+009
101	Runs:	1.58268e+009
102	Current	1.60041e+009
103	Relleno60	1.61819e+009
104		1.63603e+009
105		1.65393e+009
106		1.67189e+009
107		1.68991e+009
108		1.70799e+009
109		1.72613e+009
110		1.74434e+009
111		1.7626e+009
112		1.78092e+009
113		1.7993e+009
114		1.81775e+009
115		1.83626e+009
116		1.85482e+009
117		1.87345e+009
118		1.89215e+009
119		1.9109e+009
120		1.92972e+009

Figura 25: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

Podremos visualizar un importante incremento en la cantidad de fardos de reciclaje alcanzando aproximadamente los 27.5 millones de fardos de material recuperable apto para la reinserción en el circuito comercial.

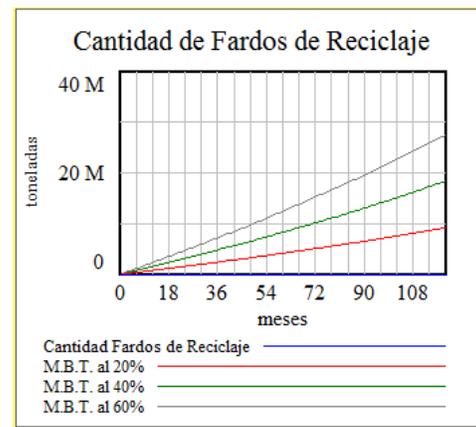


Figura 26: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

La cantidad obtenida de fardos de reciclaje se traduce en un valor económico cercano a los 1.375 millones de pesos.

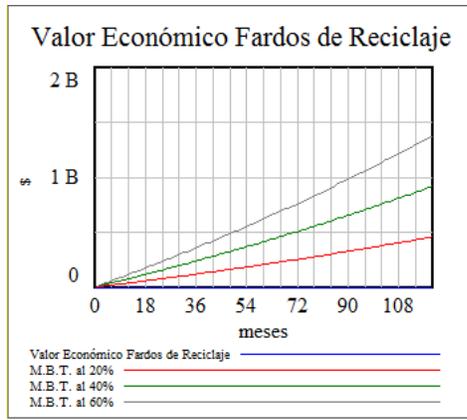


Figura 27: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

En lo que a la producción de compostaje se refiere, en el contexto de sextuplicar la capacidad de compostaje, de manera de llevarla a un 12% en lugar del 2%, podremos observar que sería posible obtener un total cercano a los 8.9 millones de toneladas para un periodo de 120 meses.

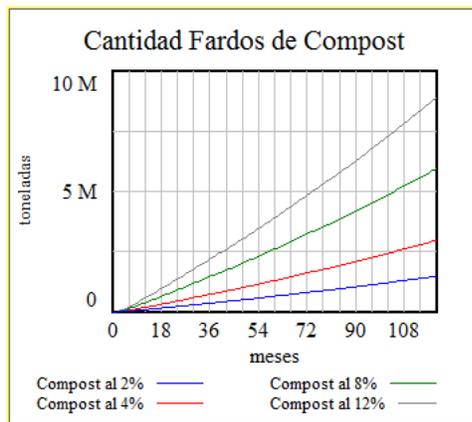


Figura 28: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

El valor económico que representaría esta cantidad obtenida estaría cercano a los 445 millones de pesos para el periodo comprendido de 120 meses.

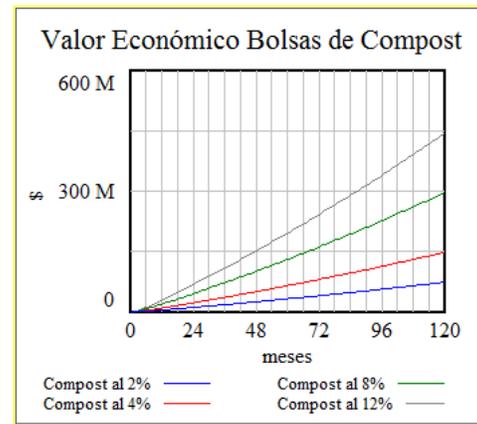


Figura 29: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

En cuanto al aprovechamiento del Biogás capturado, podemos señalar que con una capacidad de tratamiento de emisión al 4%, luego del proceso de transformación en Biogás, se obtienen aproximadamente poco más de 27 millones de kilovatios.

Cabe destacar que no solo se genera energía a partir de una fuente renovable, sino que también se contribuye a la recuperación y eliminación del gas metano mediante este proceso.

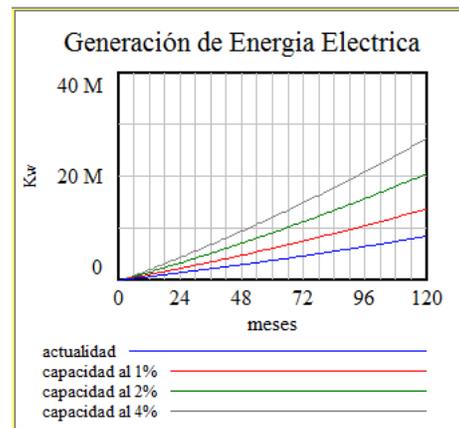


Figura 30: Auto-sustentabilidad económica de la actividad

A partir de dicha generación podemos obtener el valor económico que representa, un total de poco más de 272 mil pesos para un periodo comprendido de 120 meses.

4. CONCLUSIONES

La metodología ofrecida por la Dinámica de Sistemas nos permite abordar este análisis, con el valor agregado de poder verificar distintas opciones para la resolución de la problemática. Buscamos encontrar soluciones ingenieriles, analizando el impacto de los ensayos y posibles soluciones.

Los resultados que pretendemos mostrar, no son lineales en el tiempo, y no tienen la exactitud matemática directa, sino más bien, poseen una complejidad muy difícil de abordar en otros términos, más que con el criterio operativo, a los efectos de identificar las variables críticas del modelo (el core), con el fin de encontrar un modo de gestión más eficaz y mostrando el impacto a corto, mediano y largo plazo.

El cambio de alguna de las variables que nos son de importancia, modificarán las tendencias demostrando cuales serían las mejores soluciones al problema de los RSU en la provincia de Buenos Aires.

5. FUENTES

ceamse.gov.ar

Biblioteca C.E.A.M.S.E. (artículos, trabajos, estadísticas y entrevistas a personal)

gba.gov.ar



www.dinamica-de-sistemas.com

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



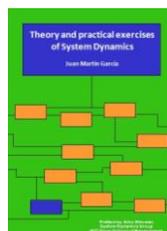
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)