	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISION DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(73)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	IRIANA GISSELA TORRES LEON
<b>FACULTAD</b>	DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	INGENIERIA AMBIENTAL
<b>DIRECTOR</b>	DAVID ALONSO PAEZ QUINTERORIO
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	MODELO SISTEMATICO DE DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL MUNICIPIO DE CONVENCION, NORTE DE SANTANDER

### RESUMEN (70 PALABRAS APROXIMADAMENTE)

EL PRESENTE ESTUDIO CONSISTIO EN EL DISEÑO DEL MODELO SISTEMÁTICO DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE CONVENCION, NORTE DE SANTANDER; SE UTILIZO LA DINAMICA DE SISTEMAS COMO METODOLOGIA PARA SU COMPLETO DESARROLLO Y EL SOFTWARE EVOLUCION 4.5 COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL; EL OBJETIVO FUE ANALIZAR SU COMPORTAMIENTO ACTUAL Y FUTURO Y BRINDAR ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DEL SISTEMA, SE INCLUYERON DIFERENTES ELEMENTOS COMPONENTES DEL SISTEMA, SE REALIZARON LAS SIMULACIONES NECESARIAS PARA SU ANÁLISIS.

### CARACTERISTICAS

PAGINAS: 73	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 18	CD-ROM:1
-------------	-----------	-------------------	----------



MODELO SISTEMÁTICO DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL  
MUNICIPIO DE CONVENCIÓN, NORTE DE SANTANDER

AUTOR

IRIANA GISSELA TORRES LEÓN

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniera Ambiental

DIRECTOR

DAVID ALONSO PÁEZ QUINTERO

MSc. En Tecnología de Información Geográfica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Marzo, 2021

## **Dedicatoria**

A Dios, por brindarme todo y mucho más de lo que necesito, por su ayuda incondicional, amor y fidelidad en todo momento. Por darme las capacidades y la sabiduría para poder culminar este sueño. Todo sea para su gloria y su honra.

## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios por estar siempre a mi lado y ser la base y guía de mi vida. A mi mamá Adenides León quien me ha apoyado e impulsado a ser una profesional, a toda mi familia quienes me han ayudado y han estado pendientes de mí, a mi novio por animarme y colaborarme, por último a mis compañeros y amigos por su ayuda y compañía.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, la cual considero una oportunidad para todos los habitantes del Catatumbo, a mis docentes por su dedicación y por brindarme sus conocimientos y experiencias de vida con el fin de formarme profesionalmente, a mi director de proyecto Msc. David Páez, por su paciencia, apoyo y calidad humana.

Agradecerle también a la Alcaldía Municipal de Convención, por la información brindada sobre el municipio. De igual manera al director de la E.S.P.C el Sr. Wilfredo Rizo, quien estuvo colaborándome con la información del servicio público de aseo del municipio.

## Índice

Capítulo 1. Modelo sistemático de disposición final de los residuos sólidos en el Municipio de Convención, Norte de Santander. ....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general. ....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación .....	3
1.5 Delimitaciones .....	5
1.5.1 Delimitación operativa .....	5
1.5.2 Delimitación conceptual.....	6
1.5.3 Delimitación geográfica .....	6
1.5.4 Delimitación temporal.....	6
Capítulo 2. Marco referencial .....	7
2.1 Marco histórico.....	7
2.1.1 Antecedentes a nivel internacional.....	7
2.1.2 Antecedentes a nivel nacional. ....	9
2.1.3 Antecedentes a nivel local. ....	10
2.2 Marco contextual .....	11
2.3 Marco conceptual .....	16
2.4 Marco teórico.....	19
2.5 Marco legal.....	23
Capítulo 3. Diseño metodológico .....	27
3.1 Tipo de investigación .....	29
3.2 Población y muestra .....	30
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	31
Capítulo 4. Resultados .....	32
4.1 Establecer diferentes elementos que conformen el modelo sistemático, con el fin de obtener resultados eficientes y de mayor precisión en las simulaciones.....	32
4.2 Explicar el comportamiento actual de la actividad de disposición final de residuos sólidos del municipio.....	40
4.3 Analizar el comportamiento del sistema en un futuro cercano, planteando alternativas para la mejora del servicio ambiental.....	46
Capítulo 5. Conclusiones .....	56
Capítulo 6. Recomendaciones.....	58
Referencias.....	59

**Lista de tablas**

Tabla 1 Horario de recolección.....	13
Tabla 2 Clasificación de los residuos sólidos .....	13
Tabla 3 Escenarios .....	27
Tabla 4 Cronograma .....	29
Tabla 5 Representación y clasificación de los elementos.....	41

## Lista de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica.....	6
Figura 2. Diagrama causal. ....	32
Figura 3. Diagrama de Forrester. ....	42
Figura 4. Visualización de la variable Población.....	43
Figura 5. Visualización de la variable Residuos sólidos en las calle.....	44
Figura 6. Visualización de la variable de Residuos sólidos dispuestos. ....	45
Figura 7. Crecimiento poblacional.....	46
Figura 8. Residuos sólidos generados.....	47
Figura 9. Capacidad de recolección de residuos sólidos.....	48
Figura 10. Residuos sólidos entrantes.....	48
Figura 11. Residuos sólidos dispuestos. ....	49
Figura 12. Capacidad utilizada por el municipio.....	50
Figura 13. Diferencia de capacidad entre dos variables. ....	50
Figura 14. Diferencia de capacidad. ....	51
Figura 15. Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente. ....	52
Figura 16. Residuos sólidos no recolectados teniendo cuenta un aprovechamiento del 10%. ....	53
Figura 17. Residuos sólidos no recolectados teniendo cuenta un aprovechamiento del 25%. ....	53
Figura 18. Residuos sólidos no recolectados teniendo cuenta un aprovechamiento del 50%. ....	53

## **Resumen**

El presente estudio consistió en el diseño del modelo sistemático de disposición final de residuos sólidos del municipio de Convención, Norte de Santander; se utilizó la dinámica de sistemas como metodología para su completo desarrollo y el software Evolución 4.5 como herramienta fundamental; El objetivo fue analizar su comportamiento actual y futuro y brindar alternativas para la mejora del sistema, se incluyeron diferentes elementos componentes del sistema, se realizaron las simulaciones necesarias para su análisis y se incluyeron escenarios en los que se tuvo en cuenta el aprovechamiento de los residuos sólidos generados; Por último, se plantearon diferentes alternativas que conlleven al desarrollo sostenible en el municipio.

## **Introducción**

Desde sus inicios, la humanidad siempre ha necesitado de la naturaleza y ha establecido una relación muy estrecha con ella; pues ha obtenido de ella alimentos, materias primas para la fabricación de productos, medicamentos, combustibles, entre otros. En el mundo hay aproximadamente más de 7.500 millones de habitantes, los cuales aumentan al transcurrir el tiempo y por ende el uso de los recursos naturales y la contaminación también lo hacen de manera significativa, además el aumento de la población tiene una relación directamente proporcional con la generación de residuos sólidos, por lo que cada persona en su ciclo de vida desecha los productos que ya no necesita o aquellos que su vida útil ya ha sido caducada.

El crecimiento expansivo de las áreas urbanas y de la población, han generado impactos negativos al ambiente, es por esto que muchos países han implementado programas que permitan la protección y conservación del mismo; así pues, en Colombia, se encuentra la gestión integral de los residuos sólidos que permite dar un manejo a estos residuos evitando grandes impactos negativos al ambiente, pues los residuos sólidos alteran al recurso hídrico, al suelo y al aire, ocasionando daños en la salud humana, en la fauna y la flora. La prestación del servicio público de aseo se encuentra en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos; ahora bien, todos los municipios y distritos de Colombia tienen la responsabilidad de asegurar que a todos sus habitantes se les preste de manera eficiente el servicio público de aseo, con el fin de minimizar y mitigar los impactos ambientales ocasionados por la producción de los residuos sólidos, además



el servicio público de aseo, debe prestarse a los habitantes de manera continua, de calidad y con la total cobertura de la población.

Desafortunadamente, la prestación del servicio no es realizada de manera adecuada en todo el país, por lo que se han notado muchas fallas en la prestación del servicio público de aseo en los diferentes municipios; por lo tanto, se plantea el presente proyecto con el cual se busca diseñar un modelo sistemático de disposición final de residuos sólidos del municipio de Convención, Norte De Santander, el cual permite realizar análisis de comportamiento de este servicio y por ende se pueden proponer alternativas de mejora para el mismo, utilizando la Dinámica de Sistemas como herramienta fundamental y reconociendo la complejidad del sistema y sus estrechas interacciones entre sus elementos.

# **Capítulo 1. Modelo sistemático de disposición final de los residuos sólidos en el Municipio de Convención, Norte de Santander.**

## **1.1 Planteamiento del problema**

Se confirma que en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales y en América Latina se generan 231 millones de toneladas anualmente, lo cual, alerta e impulsa a las regiones a hacer una buena gestión de los residuos sólidos y por ende a prestar un servicio de calidad (Banco Mundial, 2018).

En Colombia, se generan aproximadamente 11,6 millones de toneladas de residuos sólidos al año, según Monterrosa (2019). En el manejo adecuado y que corresponde a los residuos sólidos se presentan problemas complejos que integran aspectos económicos, sociales y ambientales; además, el aumento de la población, proporciona un incremento en la cantidad de residuos generados, ya que, a medida que aumenta la población se producen más residuos sólidos.

Los residuos sólidos en el país han recibido diferentes transformaciones durante las últimas décadas, los cuales han traído impactos tanto positivos como negativos en lo relacionado a aspectos sociales, económicos, ambientales y políticos; estos cambios han ocurrido debido a que su manejo ha tenido ineficiencias, baja cobertura, insuficiencia en la calidad y deficiencia en la continuidad del servicio prestado, por lo que se ha querido lograr cada vez más una mejor prestación de estos.

Una de esas transformaciones fue por medio de la Constitución Política de 1991, la cual, ha trazado un cambio muy significativo en la prestación del servicio público, como lo afirma Amador (2011), resaltando que el modelo de servicios públicos, que fue descrito en la Constitución de 1991 y plasmado en las mencionadas leyes, dio paso a la redefinición del esquema institucional, con nuevas reglas de juego con el fin de atraer, de ampliar y modernizar la infraestructura existente mediante nueva inversión privada gracias al mayor protagonismo del mercado en la asignación de los recursos, bajo una concepción de un Estado más eficiente.

Sin embargo, en lo que refiere al servicio público de aseo, en la actualidad se han visto inconformidades por parte de los usuarios debido a la mala prestación del servicio y/o por los impactos negativos causados al ambiente; lo que ha generado una problemática que afectan muchos aspectos; Rozo, Lizcano, y Lizcano (2012) manifiestan que “los impactos negativos se han generado por la mala gestión de la administración y la falta de tecnicismos en la parte operativa” (p.24); Lo cual, no apunta al desarrollo sostenible.

Reconociendo que el servicio público de aseo es considerado un sistema complejo, debido a que contempla numerosas variables de gran valor en los procesos del sistema, y teniendo en cuenta la trascendencia del mismo, se considera de vital importancia el diseño de un modelo sistemático que permita realizar análisis de comportamiento del sistema de la disposición final de los residuos sólidos del municipio Convención, Norte de Santander, con el fin de analizar su comportamiento actual y futuro y plantear alternativas que con lleven al desarrollo sostenible.

## 1.2 Formulación del problema

¿Cómo sería un modelo sistemático de disposición final de los residuos sólidos en el municipio de Convención, Norte de Santander; que permita realizar un análisis del sistema y plantear alternativas de mejora?

## 1.3 Objetivos

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar un modelo sistemático de disposición final de los residuos sólidos en el municipio de Convención, Norte de Santander.

**1.3.2 Objetivos específicos.** Establecer diferentes elementos que conformen el modelo sistemático, con el fin de obtener resultados eficientes y de mayor precisión en las simulaciones.

Explicar el comportamiento actual de la actividad de disposición final de residuos sólidos del municipio.

Analizar el comportamiento del sistema en un futuro cercano, planteando alternativas para la mejora del servicio.

## 1.4 Justificación

Esta investigación tiene como propósito principal el diseño y análisis de un modelo sistemático de disposición final de residuos sólidos en el municipio de Convención, Norte de

Santander. Este documento es de total importancia, ya que impulsa al mejoramiento continuo y aporta significativamente al municipio en general; Se justifica por los siguientes aspectos:

**Aspecto social.** Con base a esta investigación se pueden establecer e implementar nuevas metodologías que permitan el mejoramiento del servicio público de aseo lo cual, puede generar en los habitantes una buena perspectiva y apoyo al servicio prestado.

**Aspecto económico.** Teniendo en cuenta esta investigación, se pueden incluir más elementos que permitan el análisis presupuestal y su administración, lo cual permitiría identificar las falencias y mejorar el servicio, el beneficio se vería reflejado en las facturas de los usuarios o los habitantes; logrando así satisfacer a la población y obtener una buena administración del presupuesto.

**Aspecto ambiental.** Se logrará entender con más precisión el manejo de los residuos sólidos que se generan en el municipio y con base a esto y se podrán establecer e implementar metodologías sostenibles que permitirán disminuir la contaminación al aire, al agua y al suelo; por otra parte en la fauna y la flora de la zona se podría notar un menor impacto y por ende mejor calidad de vida. La eficiencia en la prestación del servicio de aseo, permitirán lograr un desarrollo sostenible en el municipio en lo que a eso refiere; ya que esto, permite involucrar y lograr un equilibrio en los tres aspectos fundamentales, los cuales son el social, el económico y el ambiental. Cabe resaltar, que una de las obligaciones de los municipios con relación al servicio público de aseo es la de garantizar que la prestación del servicio público de aseo sea de manera eficiente; por lo tanto, estos deben tener en cuenta la continuidad, la cobertura y la calidad del

servicio que se debe prestar a los usuarios; de lo contrario, la superintendencia sancionará a los alcaldes y administradores, según se encuentra establecido en la Ley 142 de 1994.

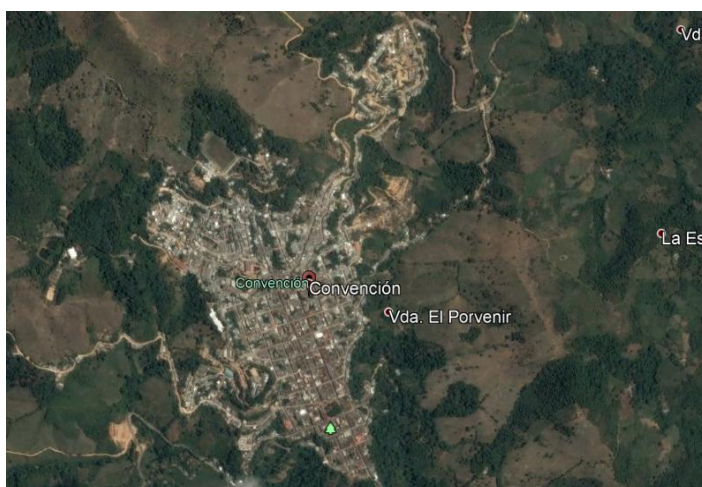
Por lo tanto, se ve necesaria la realización de este estudio; el cual, permitirá es establecimiento de propuestas de mejora a este servicio y prevenir problemas de mayor magnitud en el futuro, pues según la proyección poblacional realizada para el año 2005 por el DANE arrojó una población total de 26.764 habitantes y en su cabecera municipal de 9.920 habitantes, para el año 2015 arrojó la proyección poblacional 31.211 habitantes y en la cabecera municipal de 12.622; por lo que se ve reflejado el crecimiento poblacional y como consecuencia de este, el aumento en la generación de residuos sólidos. ( Alcaldía municipal de Convención Norte de Santander, 2015); Por otra parte, cabe mencionar que la última actualización del PGIRS del municipio fue realizada en el año 2015, lo que indica que este proyecto brindará un aporte significativo para la próxima actualización.

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 Delimitación operativa.** Para la realización de esta investigación se tuvo en cuenta el uso de un software basado en Dinámica de Sistemas, denominado “Evolución 4.5” perteneciente al grupo SIMON de Investigaciones En Modelamiento Y Simulación de la Escuela De Ingeniería De Sistemas E Informática de la Universidad Industrial De Santander. Por otra parte, tuvo en cuenta la información del municipio de Convención, para conocer los diferentes elementos que intervienen en sistema y el Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente, definido por el Índice de Calidad Ambiental Urbana – ICAU.

**1.5.2 Delimitación conceptual.** La presente investigación tiene incluidos los siguientes términos y conceptos técnicos referidos a la Dinámica de Sistemas, modelación, residuos sólidos, relleno sanitario, residuos sólidos y evaluación o análisis de comportamientos.

**1.5.3 Delimitación geográfica.** Esta investigación fue desarrollada en el municipio de Convención, ubicado al noroccidente del departamento de Norte de Santander. Sus coordenadas son 55° Latitud Norte, 8° y 28+ Longitud Norte y 73° y 21+ Longitud Oeste. Se distancia del municipio de Ocaña por 33 kilómetros y de la capital del departamento de 270 kilómetros.



*Figura 1.* Ubicación geográfica (2020).  
Fuente. Google Earth, s.f.

**1.5.4 Delimitación temporal.** El tiempo establecido para el desarrollo de este proyecto es de cuatro (4) meses aproximadamente.

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1 Marco histórico

Según (González-Busto, 1998), en la década de los 50, surgió la Dinámica de Sistemas debido a un estudio realizado por parte de una compañía americana. En la cual, se encontraba la preocupación por los comportamientos anti-intuitivos que se habían observado en la evolución de sus pedidos, y sus efectos negativos relacionados con la marcha de la organización, por lo que decidió encargar la ejecución de un estudio al Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) dirigido por Jay W. Forrester. Ésta metodología fue utilizada en sus inicios para ser aplicada en el ámbito industrial, pero a mediados de la década de los 60 se empezó a utilizar en otros ámbitos.

Por otra parte, los residuos generados por asentamientos de humanos siempre han existido; cada país tiene la necesidad de realizar un manejo a los residuos sólidos que generan sus habitantes, por lo que se ha convertido en un problema debido a las grandes cantidades de residuos que se generan diariamente por el crecimiento exponencial de la población y el alto consumo de artículos o productos con una vida útil muy corta.

**2.1.1 Antecedentes a nivel internacional.** Por medio de la Dinámica de Sistemas se han podido realizar diferentes modelos de simulación relacionados con los residuos sólidos en diferentes países, de los cuales se resaltan algunos de ellos.



Para el año 2005, se presentó un modelo que permitió la simulación del plan de gestión de manejo de los residuos sólidos domiciliarios ubicado en la región metropolitana de la ciudad de Chile. En éste modelo tuvieron en cuenta la Dinámica de Sistemas y fue programado en el software de Powersim®, en el cual se tuvieron en cuenta distintos componentes como lo son: la población, los rellenos sanitarios y la recolección de residuos, entre otros. Concluye que la realización de una campaña informativa y funcional, puede generar cambios importantes debido a que aumentan los residuos reciclados, por lo tanto, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos sólidos que se dirigen a los rellenos sanitarios y también crean un cambio en los costos relacionados con la producción, recolección y la disposición de los residuos sólidos domiciliarios que se generan en la región metropolitana de la ciudad e Chile (Vásquez, 2005).

Por otra parte, en el Área Metropolitana de Buenos Aires, Argentina. Se realizó un modelo de disposición final de residuos sólidos urbanos, utilizando la plataforma Vensim PLE Plus, para simular escenarios futuros y evaluar los efectos de las diferentes políticas operativas, en el cual se analiza la administración de la disposición que pone en manifiesto el cómo realizar una disposición; este modelo busca mejorar la disposición final de los residuos sólidos urbanos haciéndola más efectiva y logrando aprovechar mayormente el área del relleno sanitario optimizando su uso, ya que un alto porcentaje de los residuos sólidos urbanos que son recibidos, no se les realiza ningún tratamiento, provocando un mal uso del espacio del relleno sanitario (Castelli & Di Libero, 2012).

Así mismo, para el año 2012 Unchupaico A. realizó un modelo de gestión de residuos sólidos urbanos dirigido al Distrito de El Tambo, Perú., en el cual consideran que para ése

modelo de gestión se necesita por lo menos los elementos de sistema de residuos sólidos, los actores y los diferentes aspectos como ambientales, financieros, económicos y técnicos, entre otros. Con esta investigación se pueden empezar a generar proyectos que permitan la operación del modelo diseñado (Unchupaico, 2012).

**2.1.2 Antecedentes a nivel nacional.** Anteriormente, el manejo a los residuos sólidos en Colombia era ineficiente y los residuos se disponían mayormente en botaderos a cielo abierto, lotes u otras áreas no aptas para esta actividad. Para el año 1991 se tuvo un nuevo enfoque, luego de que se implementara la Constitución Política, lo que permitió que el servicio fuera prestado por agentes no estatales y estableciéndose posteriormente por la Ley 142 de 1994, dando paso a cambios significativos tanto en las tarifas como en la cobertura y la calidad del servicio.

Para el año 2010, se presentó en el 8° Congreso Latinoamericano y el 8° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas un modelo de regionalización en el que se tuvieron en cuenta variables como el número de suscriptores, retorno de inversión y la capacidad para la adecuada disposición final de los residuos; todo esto para el manejo sostenible de los diferentes residuos sólidos provenientes de los municipios. Como conclusión afirmaron que la regionalización para el manejo sostenible de los residuos sólidos a nivel municipal es viable, si se logra que el número de los suscriptores pueda alcanzar la rentabilidad en el sistema (Ibarra, Redondo, & Peña, 2010).

En la ciudad de Bogotá, se presentó en el año 2011 un análisis del impacto que genera el aumento de los residuos debido al crecimiento poblacional a un Sistema de Gestión Integral de

Residuos Sólidos, por medio de la Dinámica De Sistemas; En el cual utilizaron el software Vensim como herramienta básica para simular el comportamiento del respectivo sistema. Al realizar los análisis requeridos concluyeron que hay una falta de conciencia ambiental por parte de los ciudadanos, también por la coordinación por parte del municipio y por el bajo apoyo del Gobierno; plantean que el desarrollo de campañas de concientización y la creación de políticas son muy importantes para reducir la generación de los residuos y para permitir el aprovechamiento de los mismos (Ávila, Nieto, Jiménez, & Osorio, 2011).

De igual manera, para el año 2011 se presentó un modelo construido con la metodología de la Dinámica de Sistemas para las Instituciones Educativas en Colombia; en el cual se tuvo en cuenta que las instituciones educativas del país presentan grandes problemas económicos por el alto costo del servicio de aseo y el bajo aprovechamiento de los residuos sólidos que se generan. Este modelo relaciona diferentes variables, como lo son: presupuesto de las instituciones, cantidad de residuos y residuos reciclados (Ibarra, D; Redondo, J, 2011).

**2.1.3 Antecedentes a nivel local.** El municipio de Convención, anteriormente realizaba su actividad de disposición final de residuos sólidos en un botadero a cielo abierto, específicamente en un área perteneciente a la finca “El Morrocoy”, en la que constantemente se depositaban los residuos sólidos y posteriormente eran cubiertos por una capa de tierra. ( Alcaldía municipal de Convención Norte de Santander, 2015)

Actualmente, el servicio público de aseo es prestado en la cabecera municipal por la Empresa de Servicio Públicos de Convención (E.S.P.C.); La empresa, ofrece el servicio de

recolección, transporte, barrido y limpieza de vías y áreas públicas (las dos últimas actividades mencionadas son realizadas en el parque principal Los Libertadores, al coliseo cubierto Lucio Pabón Núñez y la cancha de fútbol Roberto Gómez) y de disposición final de residuos sólidos, los cuales son transportados y dispuestos en el Relleno Sanitario “La Madera” ubicado en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. Según el sr. Wilfredo Rizo director de la E.S.P.C. La recolección de los residuos abarca el total de cobertura de la población urbana y el transporte de los residuos se realiza por medio de un vehículo compactador que tiene una capacidad de 3.5 Toneladas.

En el municipio de Convención aún no se han realizado modelos de simulación referentes al servicio público de aseo, por lo que esta investigación será la primera y brindará información muy importante para el municipio en general.

## **2.2 Marco contextual**

El municipio de Convención, representa el 7 % del área del departamento con un total de 829 Km<sup>2</sup>, su área urbana cuenta con una extensión de 1,2 Km<sup>2</sup> y el área rural de 827,5 Km<sup>2</sup>. Sus coordenadas geográficas 8° 29' Latitud Norte y 72° Longitud Oeste, éste se encuentra localizado al noroccidente del departamento de Norte de Santander de la República de Colombia, pertenece a 10 municipios de la Subregión Occidental, Provincia de Ocaña. Limita por el Norte con la República Bolivariana de Venezuela, al sur con el municipio de González (Departamento del Cesar) y con el municipio de Ocaña, al oriente con el municipio de Teorema y al occidente con el Municipio de El Carmen. La cabecera municipal se encuentra a una altura sobre el nivel del

mar de 1.076 metros y presenta una temperatura media de 20 a 24°C. Por otra parte, para el año 2020 según la proyección de la población realizada por el DANE arrojó 33.546 habitantes, de los cuales 13.567 habitantes se encuentran en la cabecera municipal. Como se cita en ( Alcaldía municipal de Convención Norte de Santander, 2015)

Según el documento “Análisis de Situación de Salud con el Modelo de Determinantes Sociales” realizado por el Instituto Departamental de Salud de Norte de Santander (2016) en el cual, en el cual se manifiesta que para el 2014 la Tasa Bruta de Natalidad tuvo 15 nacimientos por cada mil habitantes y 5.4 fallecimientos por cada mil habitantes en lo que refiere a la Tasa Bruta de Mortalidad en el Departamento de Norte de Santander.

El sr. Wilfredo Rizo (Comunicación personal, 2020) Director de la E.S.P.C. Declaró que el servicio público de aseo del municipio es prestado por la Empresa de Servicios Públicos de Convención (E.S.P.C). Quien realiza las actividades de recolección, barrido y limpieza de vías y áreas públicas (para el parque principal Los Libertadores, al coliseo cubierto Lucio Pabón Núñez y la cancha de fútbol Roberto Gómez), transporte y disposición final de los residuos sólidos en su horario establecido (ver Tabla 1) y con una frecuencia de recolección que varía entre 1 a 2 veces/día; En cuanto a lo que refiere a la poda árboles y corte de césped, es desarrolla en conjunto de la alcaldía municipal en cuando es autorizada por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR. Por otra parte, mencionó que la cobertura del servicio es de un 100% en lo que refiere a las actividades de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos urbanos. También mencionó que los residuos sólidos

generados en el casco urbano del municipio no son separados en la fuente y tampoco son aprovechados.

Tabla 1. *Horario de recolección*

<b>HORARIO DE RECOLECCION DE BASURAS MUNICIPIO DE CONVENCION (N. DE S.)</b>				
<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
La Primavera - Guarico - La Curva - Calle 4 - Calle 5 - Kenedy - La Macana - Hospital Fundadores - Colegios - Aracataca y Balsora	12 de Enero - Cerro de la virgen - Llano Balón - Sagoc - Mercado - Chapinero - Circunvalar - Betania - Refugio - Quebradita - Cementerio - La Quinta - La Macana - Las Brisas - mercado y Guamal	El Cristo - Salida Tarra - Calle Botello - Coliseo - Tamaco - Ariete - Cataluña - 19 de Febrero - TunTun - Esperanza - Camellón - La Esperanza - Brisas de Cataluña y Las Mercedes	Mantenimiento	La Primavera - La Curva - Calle 5 - Calle 4 - Chapinero - Mercado - Colegios y La Esmeralda.

Nota: Obtenido del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos por la Empresa de Servicios Públicos de Convención (Alcaldía municipal de Convención, 2015).

Por otra parte, en la tabla 2 de la caracterización física de los residuos sólidos se observan las grandes cantidades de residuos que son susceptibles a ser aprovechados. Reconociendo que el total de residuos es de 3.57 Ton/día lo que equivale a 3570 kg/día se calcula que aproximadamente el 95% de estos pueden ser aprovechados y que la generación per cápita es de 0,263 kg/ (persona)(día).

Tabla 2. *Clasificación de los residuos sólidos*

Tipo de residuo sólido	kg/día	Ton/día	kg/año	Ton/año
1. Residuos aprovechables				
1.1 Residuos orgánicos	2870	2,87	1047550	1047,55
1.2 Residuos inorgánicos				
1.2.1 Papel	60	0,06	21900	21,9
1.2.2 Cartón	80	0,08	59200	59,2
1.3 Vidrio				
1.3.1 Verde	9	0,009	3280	3,28
1.3.2 Ámbar	30	0,03	10950	10,95

1.3.3 Blanco	50	0,05	18000	18
1.4 Plástico				
1.4.1 PET - Polietileno tereftalato (1)	30	0,03	10950	10,95
1.4.2 PEAD - Polietileno de alta densidad (2)	90	0,09	32850	32,85
1.4.3 PVC - Policloruro de vinilo (3)	9,6	0,0096	3504	3,504
1.4.4 PEBD - Polietileno de baja densidad (4)	9,4	0,0094	3431	3,431
1.4.5 PP - Polipropileno (5)	40	0,04	14600	14,6
1.4.6 PS - Poliestireno (6)	10	0,01	3650	3,65
1.4.7 Otros				
1.5 Metales				
1.5.1 Latas - Hojalata	40	0,04	14600	14,6
1.5.2 Aluminio	20	0,02	7300	7,3
1.5.3 Otros metales	10	0,01	3650	3,65
1.6 Textiles	20	0,02	7300	7,3
1.7 Caucho	20	0,02	7300	7,3
2. Residuos no aprovechables				
2.1 Material Sanitario	130	0,13	130	0,13
2.2 Escombros	840	0,84	30	0,03
2.3 Madera	280	0,28	3650	3,65
Total	4648	4,648	1273825	1273,825

Nota: Adaptada del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos por la Empresa de Servicios Públicos de Convención – E.S.P.C (2020)

Es necesario mencionar que no se tiene información referente a la cantidad de residuos sólidos recolectada por la actividad de barrido y limpieza de vías y áreas públicas y tampoco se tiene conocimiento de los kilómetros que son cubiertos; de igual manera no se encuentra información específica en cuanto a la actividad de corte de césped y poda de árboles. Por lo tanto, estas dos actividades no van a poder ser incluidas en el modelo.

Según la Alcaldía Municipal de Convención (2015) en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, resalta que los residuos sólidos que se disponían para ese entonces eran de aproximadamente 1.300 toneladas anuales y que la cabecera municipal del municipio generaba 134 Toneladas de residuos sólidos por mes.

Reconociendo que, la finca “El Morrocoy” se encuentra ubicada en la zona rural del municipio y es el lugar donde anteriormente se realizaba la disposición final de los residuos sólidos del municipio, esta disposición se hacía a cielo abierto y actualmente se ha realizado un cambio y mejora en estas actividades ya que actualmente se disponen en el Relleno Sanitario Regional “La Madera” del municipio de Ocaña, Norte de Santander, operado por la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña - ESPO S.A. ( Alcaldía municipal de Convención Norte de Santander, 2015)

El Relleno Sanitario Regional La Madera, está localizado en la vereda la Madera y opera en el municipio de Ocaña desde el año 2010; fue construido y actualmente operado por la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña – ESPO. La Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, emitió la Resolución 0594 del 03 de Septiembre del 2009 por la cual se otorgó la licencia ambiental para su construcción y operación. El relleno es de tipo área terraplén y tiene una vida útil programada para 32,8 años, para lo cual se depositarán 980.000 Toneladas de residuos aproximadamente en 25 terrazas; según proyecciones aproximadamente se reciben en el relleno 28.000 Ton/año; por lo tanto, se puede deducir que para este año el relleno sanitario ha recibido 280.000 Toneladas de residuos aproximadamente indicando que actualmente queda espacio disponible para disponer 700.000 Toneladas de residuos sólidos (Rincón, 2012).

Cabe resaltar, que debido a que anteriormente no se realizaba la disposición de residuos del municipio de Convención en el Relleno Sanitario Regional La Madera, esta nueva descarga



puede causar cambios en la capacidad del relleno sanitario, los cuales son demostrados en la presente investigación.

### **2.3 Marco conceptual**

**Ambiente.** Son aquellos factores bióticos como la flora y fauna, los abióticos como el aire, el agua y suelo y aquellos socioeconómicos que se interrelacionan y nos rodean.

**Aprovechamiento.** Es la actividad que se realiza de manera complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje (Decreto 2981, 2013 )

**Barrido y limpieza de vías y áreas públicas.** Es la actividad del servicio público de aseo que consiste en el conjunto de acciones tendientes a dejar las áreas y la vías públicas libres de todo residuo sólido, esparcido o acumulado, de manera que dichas áreas queden libres de papeles, hojas, arenilla y similares y de cualquier otro objeto o material susceptible de ser removido manualmente o mediante el uso de equipos mecánicos (Decreto 2981, 2013 ).

**Botadero a cielo abierto.** Es un área en la cual, son dispuestos de forma no adecuada los residuos sólidos; es muy probable que en la zona se presenten impactos negativos ambientales y daños en la salud humana debido al mal manejo de los residuos sólidos, ya que no se tiene un

control y no se toman medidas de prevención o mitigación que disminuyan la contaminación ambiental.

**Desarrollo sostenible.** Es aquel que tiene como objetivo satisfacer las necesidades de la presente población, sin que se comprometa la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. Así mismo, permite que haya un correcto equilibrio entre el aspecto social, económico y ambiental.

**Dinámica de sistemas.** Es aquella que “suministra un lenguaje que permite expresar las relaciones que se producen en el seno de un sistema, y explicar cómo se genera su comportamiento” (Aracil & Gordillo, 1995)

**Disposición final de residuos sólidos.** Es el proceso que consiste en aislar y confinar los residuos sólidos principalmente aquellos no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para prevenir la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

**Impacto ambiental.** Es “la alteración significativa de los sistemas naturales y transformados y de sus recursos, provocada por acciones humanas” (Espinoza, 2007).

**Modelo.** Según la definición dada por (Aracil & Gordillo, 1995)“el modelo es un objeto que representa a otro.”

**Reciclaje.** Es aquella actividad que permite transformar los materiales desechados en materia prima, generando productos nuevos.

**Recolección y transporte de residuos sólidos.** Es la actividad del servicio público de aseo, que consiste en recolectar los residuos sólidos de los usuarios y transportarlos a su debido destino.

**Relleno sanitario.** Es el área en la cual se realiza la disposición final a los residuos sólidos, ésta técnica no es peligrosa para la salud humana y no causa afectaciones graves al medio ambiente.

**Residuos sólidos.** Es todo aquel material, objeto o sustancia que es desechado tras finalizar su vida útil; resultado de actividades industriales, domésticas, instituciones, etc. Estos residuos pueden ser aprovechables o no, lo que indica que pueden ser susceptibles a alguna transformación, con el fin de darles un nuevo uso y un valor económico.

**Residuos sólidos urbanos.** Son aquellos materiales, objetos o sustancias provenientes de actividades realizadas en las zonas urbanas y que son desechadas por los generadores. El municipio tiene la responsabilidad de hacerles su respectiva gestión.

**Residuo sólido domiciliario.** Son desechos generados por actividades realizadas en zonas domésticas, hoteles, cárceles, entre otros establecimientos similares, compuestos principalmente por residuos orgánicos como el cartón, papel y restos de comida; y otros materiales inorgánicos

como el vidrio o metales. Estos residuos domiciliarios son susceptibles en su mayoría al reciclaje debido a las cantidades de residuos aprovechables.

**Servicio público de aseo.** Es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos. Igualmente incluye, entre otras, las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas; de lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento (Ley 689, 2001).

**Sistema.** Es un cierto aspecto de la realidad al que podemos adscribir una descripción en la que básicamente se enuncien una serie de partes componentes y una forma de interacción entre ellas que suministre un vínculo que las organice en la unidad que es el sistema. (Aracil & Gordillo, 1995)

## 2.4 Marco teórico

Los residuos sólidos son aquellos materiales que se desechan al finalizar su vida útil, estos residuos aumentan cada vez más ya sea por el crecimiento poblacional, la falta de educación ambiental o por la creación de productos con una vida útil muy corta; sin embargo, el servicio público de aseo realiza un correcto manejo y disposición a estos desechos que causan alteraciones al ambiente y daños a la salud de la humanidad.

El servicio público de aseo “es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos” (Ley N°681, 2001). En el cual, existen unas actividades complementarias como lo son el transporte, el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos, además, el corte de césped y poda de árboles en vías y áreas públicas y el barrido, limpieza y lavado de áreas públicas.

América Latina, denota un aumento en los estudios realizados sobre los residuos sólidos, pues estos son indispensables para que los países conserven una economía favorable y para que los ciudadanos presenten una mejor calidad de vida, lo cual, hace necesaria la mejora en la gestión de los residuos sólidos y la importancia de la buena prestación de los residuos sólidos en cuanto a su calidad, cobertura y costo. Rodríguez y Velásquez, (1994) afirman que:

El estudio de los disposición final de residuos sólidos constituye un campo en el que puede examinarse no sólo la forma como la población satisface sus necesidades individuales y colectivas, sino también la manera como se está redefiniendo el rol del aparato público y sus relaciones con los distintos sectores de la sociedad. (p.7)

La Dinámica de Sistemas “alude a un método para el estudio del comportamiento de sistemas mediante la construcción de un modelo de simulación informática que ponga de manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su comportamiento” (Aracil & Gordillo, 1995). Es una herramienta que permite el análisis y la construcción de modelos de simulación, dando solución efectiva de problemas y facilitando la toma de decisiones de manera acertada y completa. Es por esto, que es utilizada para distintos ámbito, en este caso, para el

diseño de la disposición final de residuos sólidos del municipio de Convención, Norte de Santander.

El Grupo SIMON de investigaciones en modelamiento y simulación de la Universidad Industrial de Santander (UIS) ha desarrollado un SOFTWARE denominado EVOLUCIÓN, el cual es una herramienta que se basa en la Dinámica de Sistemas y permite observar el comportamiento de variables incluidas en un modelo por medio de gráficas realizar modelos el análisis de diferentes proyectos; este software ha sido mejorado repetidas veces y se han generado muchas versiones, para esta investigación será utilizado en su versión evolución 4.5 y para el presente proyecto este software es una herramienta esencial y básica para su respectiva ejecución.

Los elementos que forman un modelo según el Grupo SIMON de investigación (2011) son los siguientes:

**Flujo y nivel.** Son variables que definen una relación de material con los niveles, así determinan en ellos una variación instantánea.

**Parámetro.** Es una constante, su valor no cambia en toda la corrida de simulación, no es posible que le lleguen líneas de información. La ecuación de un parámetro solo se evalúa una vez al principio en toda simulación.

**Variable auxiliar.** Es una variable que puede usarse para hacer cálculos intermedios, para no hacer compleja una ecuación, o para representar efectos del medio en el sistema (en este caso

serían variables exógenas). Cabe resaltar que la definición de una variable auxiliar es una función que involucra a todas sus variables de entrada.

**Variable exógena.** Es aquella que representa el efecto del medio en el sistema, por tanto no permite que le lleguen líneas de información. Una Variable Exógena puede ser definida de dos maneras. Como una función, que puede depender del tiempo y como una tabla. Es decir, igual que se hace con las no linealidades, pero la variable de entrada es el tiempo, que es la variable independiente.

**No linealidad (tabla).** La No linealidad se caracteriza por ser definida como un conjunto de puntos que representan una función de una variable, dicha variable de entrada se recibe a través de una relación de información.

**Retardo.** La ecuación que define un retardo de información se puede visualizar como una cierta cantidad de niveles intermedios en los cuales se acumula la información antes de llegar a su destino.

**Clon.** Es usado para descongestionar visualmente el modelo. Un clon es un elemento visual que aparenta ser otro elemento del Diagrama de Flujo Nivel, en Evolución 4.5 este puede diferenciarse de su original porque el borde de este elemento esta hecho de líneas punteadas. Todos los elementos, con excepción de los Sectores, Submodelos y Líneas de información (Relación), pueden tener clones. Un clon tiene algunas restricciones con respecto a su original. No se permiten entradas de información en el clon, no se permite editar la ecuación del original en el clon y no tiene efecto en una corrida de simulación.

**Variable de valor anterior.** Permite hacer ciclos que aparentemente no tienen solución.

**Submodelo.** Permite agregar un modelo de Evolución encapsulado, previamente diseñado, que funciona como una función Exógena definida por un conjunto de niveles, flujos, auxiliares, multiplicadores, exógenas, parámetros y retardos.

**Relación.** Puede ser llamada línea de información y simplemente es un canal que permite hacer interconexión entre dos elementos.

**Sector.** Un sector es un elemento meramente visual, su función es hacer que haya diferencia entre componentes, unidades o elementos del modelo. Permite anexar un nombre y una descripción.

## 2.5 Marco legal

**Constitución Política de 1991.** En su capítulo de los derechos colectivos y del ambiente, es mencionado en el artículo 79 que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.” Además, en el artículo 81 menciona que el Estado “deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.”



**Decreto-Ley 2811/ 74.** Por medio del cual es dictado el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente; se destaca el Título III “de los residuos, basuras, desechos y desperdicios” en el que se incluyen reglas para el correcto manejo de los residuos sólidos y se asigna a los municipios “organizar servicios adecuados de recolección transporte y disposición final de basuras.”

**Ley 9/79: de medidas sanitarias.** El Título I de ésta ley alude a la protección del medio ambiente y los artículos del 22 al 35 refieren a los residuos sólidos, de los cuales busca mitigar aquellos impactos que se pueden producir en los procesos realizados para la prestación de los disposición final de residuos sólidos.

**Decreto 2104/1983.** «Por el cual se reglamenta parcialmente el título III de la parte IV del libro I del Decreto - Ley 2811 de 1974 y los títulos I, y XI de la Ley 9' de 1979 en cuanto a residuos sólidos» es importante resaltar que en el capítulo VIII alude a la organización de servicio de aseo, y tiene en cuenta aspectos como la cobertura, el contenido del reglamento para el manejo de residuos sólidos y la obligación de establecer un programa mínimo de operaciones, entre otras disposiciones.

**Decreto 196/1989.** “Por el cual se reglamentan los decretos-leyes 3069 de 1968 y 149 de 1976 y se establece una estructura nacional de tarifas para el servicio de aseo.” Y es de resaltar la definición que realiza del servicio de aseo: “Comprende las actividades de entrega, recolección, transporte, transferencia, tratamiento, disposición sanitaria y recuperación de desechos sólidos, así como el ornato, barrido y limpieza de vías y áreas públicas.”

**Decretos 056/1991.** En este decreto parcialmente se modifica el Decreto 196 de 1989, en el cual, en su artículo 1 realiza un ajuste tarifario y dicta que “la Junta Nacional de Tarifas de residuos sólidos determinará la tasa y periodicidad de la actualización de las tarifas del servicio de aseo.”

**Decreto 2338/1993.** “Por el cual se modifica el artículo 9 del Decreto 196 de 1989, reglamentario de los Decretos-Leyes 3069 de 1968 y 149 de 1976.” Considera en el artículo 9 que los predios en los que aún no se ha realizado alguna construcción y están localizados dentro del perímetro urbano, se les debe hacer un respectivo cobro de una tarifa mensual por el servicio de aseo establecido según el estrato socio-económico de las construcciones adyacentes o del estrato que predomina en la zona en la que se encuentra.

**Ley 142/94: “por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.”** Está ley regula servicios públicos como: energía eléctrica, acueducto, alcantarillado, telefonía, aseo, entre otros. Además, está ley realiza una la definición de: servicio de aseo.

**Ley 632 del 2000: “por la cual se modifican parcialmente las Leyes 142, 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996.”** Realiza una ampliación a la definición de: servicio público de aseo en la que incluye actividades complementarias.

**Ley 689 del 2001.** Ésta ley modificó nuevamente la definición de: servicio público de aseo.

**Resolución 151 de 2001.** Fue expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA, contempla la “Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo”

**Decreto 891 de 2002.** “Por el cual se reglamenta el artículo 9o. de la Ley 632 de 2000.” Fue proferido por el Ministerio de Desarrollo Económico; realiza precisa y técnicamente la definición de los alcances de los servicios ordinarios y lo servicios especiales de aseo.

**Decreto 1713 del 2002** “Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.” Abarca definiciones en lo relacionado a servicio público de aseo, se dicta normas explicas sobre las características y la calidad del servicio de aseo, entre otras disposiciones.

**Decreto 2981 de 2013.** “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo” Realiza un ajuste a las definiciones y obliga a prestar el servicio público de aseo con calidad y continuidad, además enfatiza la cobertura del servicio teniendo en cuenta el crecimiento población y la cantidad de residuos generados por el municipio.

### Capítulo 3. Diseño metodológico

En este proyecto de investigación se utilizará la metodología de La Dinámica de Sistemas ya que pone en manifiesto el comportamiento y la estructura del sistema, lo que permite la realización de análisis y la obtención de alternativas de mejora en las actividades que lo componen. De acuerdo con que “La Dinámica de Sistemas suministra un lenguaje que permite expresar las relaciones que se producen en el seno de un sistema, y explicar su comportamiento” (Aracil & Gordillo, 1995, pág. 21).

Se realizará el modelo mediante el software “Evolución 4.5” desarrollado por el grupo de investigación SIMON de la Universidad Industrial de Santander (UIS); en éste caso, el modelo está basado en la disposición final de los residuos sólidos del municipio de Convención, Norte de Santander y para analizar de manera más específica las variables del mismo, se plantearon tres escenarios (ver Tabla 3) los cuales se componen de las actividades de aprovechamiento y separación en la fuente, esto con el fin de conocer el cambio que traerían estos elementos al ser implementados en el servicio público de aseo del municipio.

Tabla 3 *Escenarios*

<b>Escenarios</b>	<b>Descripción</b>
Escenario 1	Aumento en un 10% de Aprovechamiento de residuos sólidos
Escenario 2	Aumento en un 25% del aprovechamiento de residuos sólidos
Escenario 3	Aumento en un 50% del Aprovechamiento de residuos sólidos

Fuente. Autor del proyecto

A continuación se describirán cuatro (4) fases con dos (2) actividades para cada una (ver Tabla 3), las cuales se realizarán de forma secuencial para el cumplimiento de los objetivos del proyecto:

**Identificación del problema y análisis de información.** Contempla la revisión permanente de información ya sea en documentos, artículos, libros o bases de datos (Science Direct, Scopus...), entre otros, relacionados con el proyecto y se realizará el reconocimiento de la información brindada por el municipio.

**Interpretación e identificación.** Se realizará la respectiva interpretación de los datos y documentos considerados más relevantes e importantes para el desarrollo del proyecto, posteriormente, se procede a identificar las variables que influyen en el sistema, teniendo en cuenta el alcance del modelo definido.

**Modelación.** Se definirá la estructura del modelo en Dinámica de Sistemas por medio del software Evolución de versión 4.5 sobre la prestación del servicio público de aseo del municipio y se realizarán las respectivas simulaciones de comportamiento en las que serán involucradas los escenarios establecidos para un mejor análisis en el comportamiento del sistema.

**Resultados.** Se realizará análisis a los resultados obtenidos por medio de las simulaciones efectuadas; por último, se plantearán alternativas para la mejora de las actividades en la prestación del servicio de aseo del municipio teniendo en cuenta los aspectos críticos encontrados.

Tabla 4. *Cronograma*

Objetivos específicos	Fases	Actividades	Tiempo			
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Establecer los diversos elementos que conformen el modelo sistemático, con el fin de obtener resultados eficientes y de mayor precisión en las simulaciones.	Identificación del problema y análisis de información e Interpretación e identificación.	Revisión permanente de información.				
		Reconocimiento de la información brindada por el municipio.				
		Interpretación de los documentos considerados más relevantes y relacionados con el proyecto.				
Identificación de las variables que influyen en el sistema.						
Explicar el comportamiento actual de la actividad de disposición final de residuos sólidos del municipio.	Modelación.	Definición la estructura del modelo en Dinámica de Sistemas. Desarrollo de las respectivas simulaciones de comportamiento.				
Analizar el comportamiento del sistema en un futuro cercano, planteando alternativas para la mejora del servicio prestado.	Resultados.	Análisis a los resultados obtenidos por medio de las simulaciones efectuadas.				
		Planteamiento alternativas para la mejora de las actividades.				

Fuente. Autor del proyecto

### 3.1 Tipo de investigación

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados para tener un análisis y brindar alternativas al servicio público de aseo del municipio de Convención, Norte De Santander, el enfoque metodológico para esta investigación es de tipo cuantitativo, ya que se presentan

distintos elementos que se interrelacionan y son modeladas por medio de una herramienta software. Según Dalle, Boniolo, Sautu, y Elbert (2005), las investigaciones de tipo cuantitativo se basan principalmente en la teoría sustantiva del problema a investigar, debido a que de ahí se derivan las proposiciones que luego serán incorporados al objetivo de la investigación.

Reconociendo la esencia de éste estudio, se puede afirmar que el tipo de investigación es descriptiva, pues se identifican las variables posibles, que intervienen y que tienen relación con el modelo a diseñar y las soluciones a problemas específicos y relacionados con el servicio público de aseo del municipio de Convención.

### **3.2 Población y muestra**

La presente investigación tiene como población a todas las personas que habitan en el casco urbano del municipio de Convención, Norte de Santander y/o los usuarios que hagan parte de la Empresa de Servicios Públicos de Convención.

El muestreo es de tipo no probabilístico ya que las muestras no se realizarán al azar y se harán teniendo en cuenta la conveniencia, con el fin de tener en cuenta la información que se requiere para la ejecución de esta investigación. Por lo tanto, la muestra es el total de la población que deposita sus residuos sólidos por medio de la empresa prestadora del servicio de aseo del municipio, siendo así 13.567 habitantes.

### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Para la investigación se requerirá principalmente información proveniente de fuentes primarias que claramente se encuentre relacionada con la disposición final de residuos sólidos y la Dinámica de Sistemas, obtenida de bases de datos o de libros, artículos científicos y documentos verídicos que se relacionen con ésta investigación e información brindada por los entes territoriales (Alcaldía Municipal de Convención) y por la Empresa de Servicios Públicos de Convención – E.S.P.C. Por otra parte.



## Capítulo 4. Resultados

### 4.1 Establecer diferentes elementos que conformen el modelo sistemático, con el fin de obtener resultados eficientes y de mayor precisión en las simulaciones.

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica y datos sobre el servicio público de aseo del municipio, se tuvieron en cuenta las variables e información vinculada en el sistema; Para lo cual, se representa principalmente la problemática a modelar por medio de la Figura 2 del Diagrama causal.

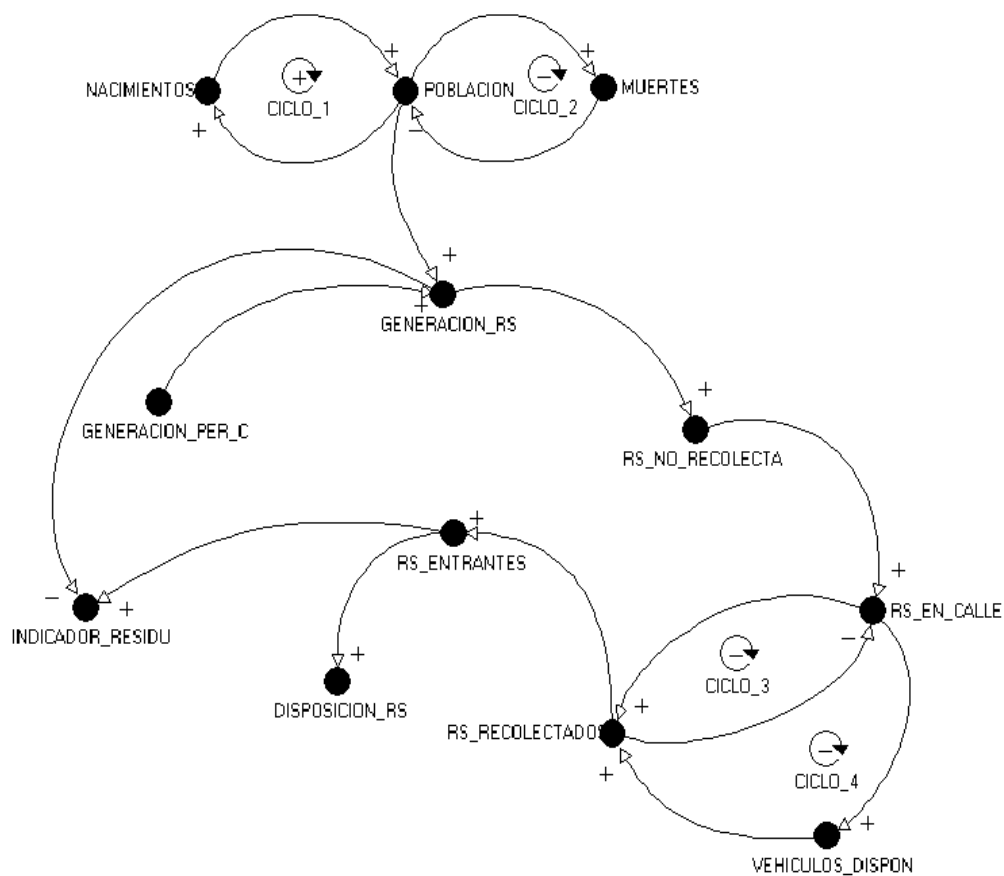


Figura 2. Diagrama causal.

Fuente. Autor del proyecto

Los elementos y relaciones establecidos en la Figura 2 del Diagrama causal se describen en la Tabla 4 y se entienden de la siguiente forma: se da inicio con la población, en la cual se representa un ciclo 1 de realimentación positiva en los nacimientos, debido a que al haber más población, los nacimientos serán mayores y así sucesivamente; por el contrario ocurre un ciclo 2 de realimentación negativa en cuanto a las muertes, ya que al haber más población traerá consigo mayores muertes y las muertes disminuyen la población.

Ante un aumento en la población se verá un incremento en la generación de residuos sólidos, el cual también aumenta debido a la generación per-cápita; por consiguiente, el incremento en la generación de residuos sólidos implica directamente un aumento en los residuos sólidos no recolectados, lo que provoca un aumento de los residuos sólidos en las calles; en el caso del municipio de Convención, los usuarios disponen sus residuos en la acera de sus casas para luego ser recolectados.

Se genera una presión por al aumento de los residuos sólidos en las calles originados por la población hacia la actividad de recolección, pues hace que se deba recoger una mayor cantidad de residuos sólidos y genera un aumento en los residuos sólidos recolectados, en este caso, se presenta el ciclo 3 de realimentación negativa por la disminución que generan los residuos sólidos recolectados a los residuos en las calles. Por otra parte los residuos sólidos en las calles provocan un incremento en los vehículos disponibles para esta actividad y este tiene una relación positiva con los residuos sólidos recolectados, ya que a mayor cantidad de vehículos disponibles, mayores cantidades de residuos sólidos recolectados; sin embargo, el incremento en los residuos

sólidos recolectados ocasiona una disminución en los residuos sólidos en las calles y así se origina un ciclo 4 de realimentación negativa.

Por consiguiente, los residuos sólidos recolectados indican un aumento en los residuos sólidos entrantes al relleno sanitario y por ende un incremento en la disposición final de los mismos. Por último se encuentra en indicador de residuos sólidos dispuestos adecuadamente, el cual está relacionado por los residuos sólidos entrantes de manera positiva y la generación de residuos sólidos de manera negativa indicando una diferencia para este elemento.

Una vez se obtuvo la información y se establecieron las relaciones, se describen a continuación los 20 elementos establecidos que componen el sistema de disposición final de residuos sólidos de Convención:

**Aprovechamiento.** Esta variable sólo será tenida en cuenta al momento de simular los escenarios planteados, debido a que esta actividad no es desarrollada actualmente por la E.S.P.C. Para su cálculo se tiene en cuenta la cantidad de residuos aprovechables según la caracterización física de residuos sólidos del municipio (ver tabla 2); lo cual, equivale a un 94.7% de los residuos generados.

- Aprovechamiento:  $\text{Generación de residuos sólidos} * 0.947$
- Unidades: kg/día

**Capacidad máxima.** Capacidad máxima de residuos sólidos que puede recibir el sitio de disposición final, es decir, la carga máxima de residuos que se pueden disponer. Su fórmula se define de la siguiente manera:

- Capacidad máxima: 700000000
- Unidad: kg

**Capacidad del vehículo recolector.** Representa la capacidad máxima que tiene el vehículo recolector para poder contener los residuos sólidos.

- Capacidad del vehículo recolector: 3500
- Unidad: kg

**Capacidad utilizada.** Es la capacidad que está siendo utilizada en el sitio de disposición final.

- Capacidad utilizada: residuos sólidos dispuestos.
- Unidad: kg/día

**Diferencia de capacidad.** Representa la capacidad que está siendo disponible en el sitio de disposición final.

- Diferencia de capacidad: capacidad máxima – capacidad utilizada

- Unidad: kg/día

**Frecuencia de recolección.** Representa el número de veces que esta designado el vehículo para la recolección de los residuos al día. Debido a que la frecuencia se puede dar entre 1 o 2 veces al día, se utiliza la función RANDOM, ya que permite simular esta situación.

- Frecuencia de recolección: RANDOM (1,2)
- Unidad: veces/día

**Generación de residuos sólidos.** Esta variable representa la cantidad de residuos generados por la población en un tiempo establecido.

- Generación de residuos sólidos: población\*generación per cápita
- Unidades: kg/día

**Generación per cápita.** Es un indicador que se encuentra relacionado con el patrón de consumo, de producción y tiene en cuenta la población. Define la cantidad de residuos sólidos generados por cada habitante o persona que se encuentre dentro del casco urbano del municipio.

- Generación per cápita: 0,263
- Unidades: kg/ (personas\*día)

**Muertes.** Representa la cantidad de personas que mueren al día en el municipio; influyen la tasa de mortalidad y la población.

- Muertes: Tasa de mortalidad \* población
- Unidad: personas

**Nacimientos.** Representa la cantidad de personas que nacen al día; en este elemento influye la tasa de natalidad y la población.

- Nacimientos: Tasa de natalidad \* población
- Unidad: personas

**Población.** Se refiere a la cantidad de personas que se encuentran en el casco urbano en un tiempo determinado.

- Población: Nacimientos – Muertes
- Valor Inicial: 13567
- Unidad: personas

**Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente.** Es un indicador establecido por el Índice de Calidad Urbana - ICAU, el cual permite conocer las cantidades de residuos sólidos que son dispuestos de manera adecuada; este indicador se tendrá en cuenta, ya que en el área urbana del municipio la población es inferior a 100.000 habitantes

- Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente:  $(\text{residuos sólidos entrantes/generación de residuos sólidos}) \times 100$
- Unidades: %/día

**Residuos sólidos dispuestos:** representa a los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario para un determinado tiempo.

- Residuos sólidos dispuestos: residuos sólidos entrantes
- Valor inicial: 0
- Unidad: kg/día

**Residuos sólidos en las calles.** Representa todos los residuos sólidos que se encuentran dispuestos por los usuarios para su respectiva recolección y transporte.

- Residuos sólidos en las calles: residuos sólidos no recolectados – residuos sólidos recolectados
- Valor inicial: 0
- Unidades: kg/ día

**Residuos sólidos entrantes:** es la cantidad de residuos sólidos urbanos que ingresan al sitio de disposición final o relleno sanitario en un determinado tiempo.

- Residuos sólidos entrantes: residuos sólidos recolectados

- Unidades: kg/día

**Residuos sólidos no recolectados.** Representa la cantidad de residuos sólidos urbanos que han sido generados y no han sido transportados, disponibles en un determinado tiempo. Esta variable se ve influenciada por el aprovechamiento y los porcentajes de aprovechamiento, los cuales son del 10%, 25% y 50% del total de los residuos sólidos susceptibles a ser aprovechados; esto sólo se tendrá en cuenta en el momento de simular aplicando los porcentajes de aprovechamiento, ya que esta actividad no es realizada en el casco urbano del municipio como se mencionó anteriormente.

- Residuos sólidos no recolectados: generación de residuos sólidos (aprovechamiento \* % de aprovechamiento)
- Unidades: kg/día

**Residuos sólidos recolectados.** Representa la cantidad de residuos sólidos que son recolectados y debidamente transportados en un tiempo determinado; influyen la frecuencia de recolección, la capacidad del vehículo y los vehículos disponibles.

- Residuos sólidos recolectados: frecuencia de recolección \* capacidad del vehículo \* vehículos disponibles.
- Unidad: kg/día



**Tasa de mortalidad.** Indica el número de personas que fallecen por cada mil habitantes para un periodo de tiempo determinado.

- Tasa de mortalidad: 0.000148
- Unidades: 1/día

**Tasa de natalidad.** Refleja el número de personas que nacen por cada mil habitantes en el municipio según el tiempo indicado.

- Tasa de natalidad: 0.0004
- Unidad: 1/día

**Vehículos disponibles.** Representa la cantidad de vehículos con los que cuenta la empresa para realizar las actividades.

- Vehículos disponibles: 1
- Unidad: Vehículos

#### **4.2 Explicar el comportamiento actual de la actividad de disposición final de residuos sólidos del municipio.**

Para entender fácilmente el sistema, se presenta en la figura 3 el diagrama de Forrester de la disposición final de los residuos sólidos del municipio de Convención realizado por medio del

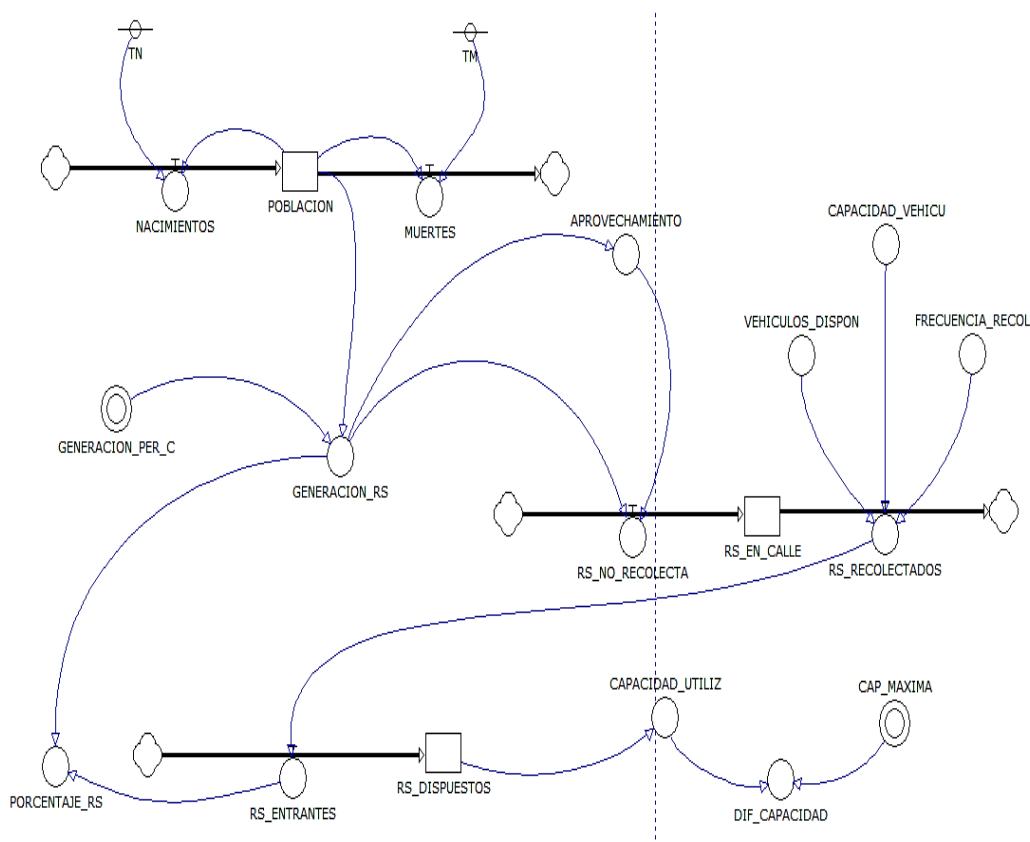
software Evolución 4.5. Para interpretarlo de la manera correcta se debe considerar previamente el contenido de la Tabla 6, la cual incluye la representación de cada elemento y su clasificación.

Tabla 5. *Representación y clasificación de los elementos*

Elemento	Representación	Clasificación			
		Variable de Nivel	Variable de flujo	Variable auxiliar o endógena	Parámetro
Aprovechamiento	Aprovechamiento			X	
Capacidad máxima	Cap_maxima			X	
Capacidad del vehículo recolector	Capacidad_vehicu			X	
Capacidad utilizada	Capacidad_utiliz			X	
Diferencia de capacidad	Dif_capacidad			X	
Residuos sólidos dispuestos	Rs_dispuestos	X			
Frecuencia de recolección	Frecuecnia_recol			X	
Generación de residuos sólidos	Generacion_rs			X	
Generación per cápita	Generacion_per_c			X	
Muertes	Muertes		X		
Nacimientos	Nacimientos		X		
Población	Poblacion	X			
Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente	Porcentaje_rs			X	
Residuos sólidos en las calles	Rs_en_calle	X			
Residuos sólidos entrantes	Rs_entrantes		X		
Residuos sólidos no recolectados	Rs_no_recolecta		X		
Residuos sólidos recolectados	Rs_recolectados		X		
Tasa de mortalidad	Tasa_mort				X
Tasa de natalidad	Tasa_natal				X
Vehículos disponibles	Vehiculos_dispo			X	

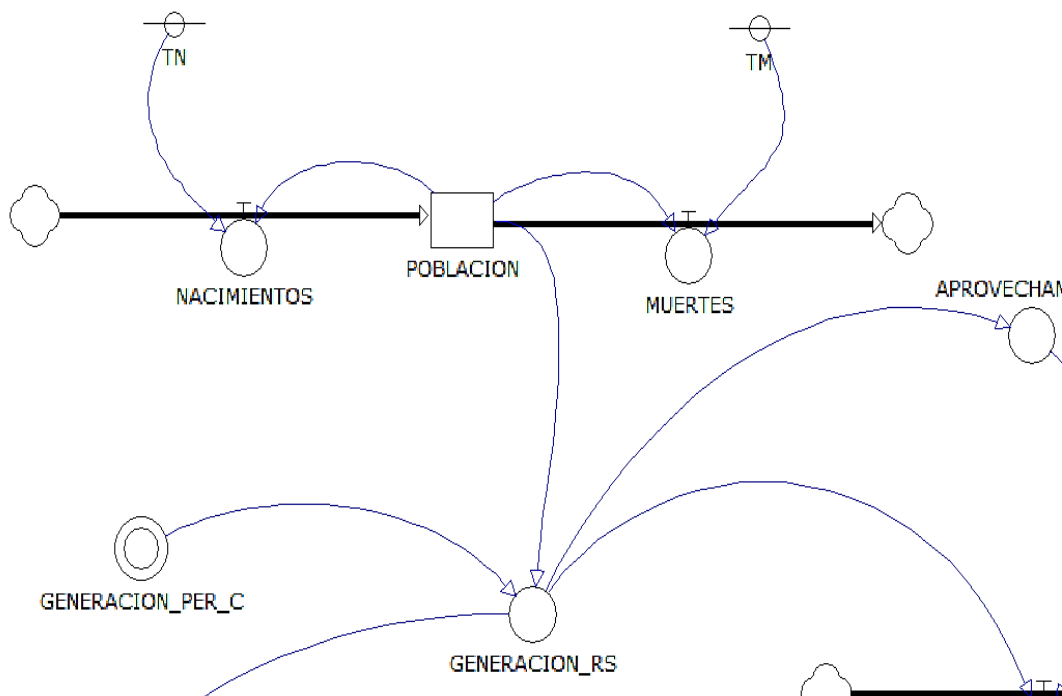
Fuente. Autor del proyecto

Una vez se cuenta con las relaciones y las variables establecidas se logra plasmar el modelo en el software Evolución 4.5., en el cual se incluyen todos los valores y ecuaciones mencionadas anteriormente.



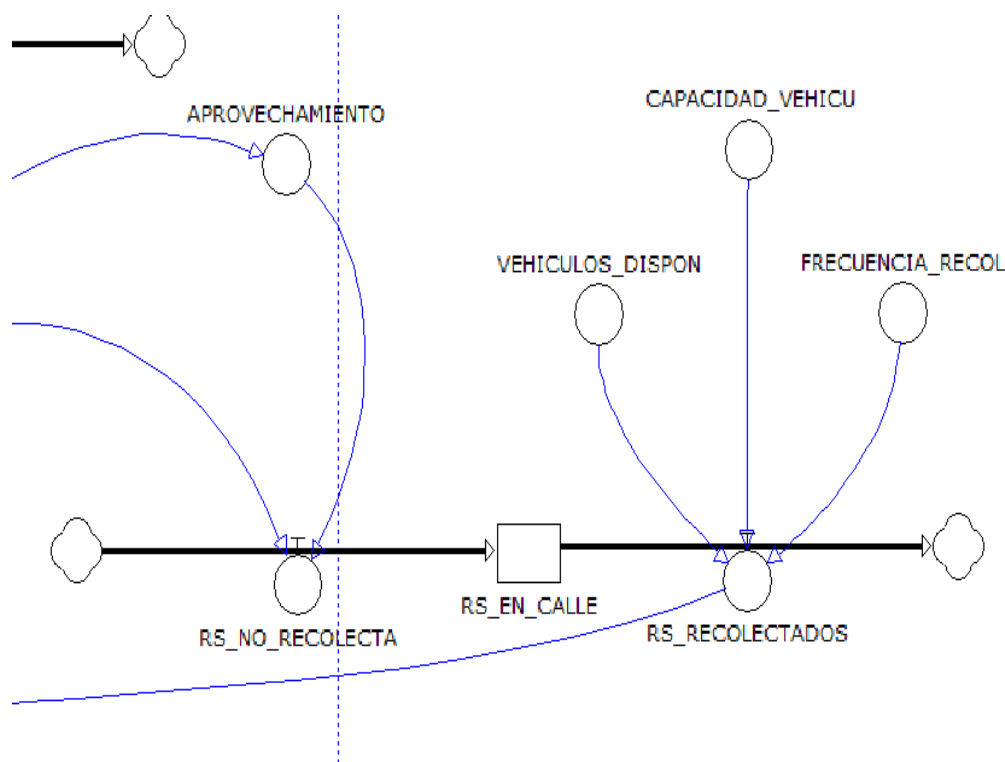
*Figura 3.* Diagrama de Forrester.  
Fuente. Autor del proyecto

El comportamiento actual del sistema, inicia con un factor muy importante y en este caso es la variable de nivel denominada Población. La variable se encuentra influenciada por el flujo de entrada llamada Nacimientos y por el flujo de salida denominado Muertes; estos flujos son calculados por la tasa de natalidad y mortalidad y son multiplicados por la población respectivamente.



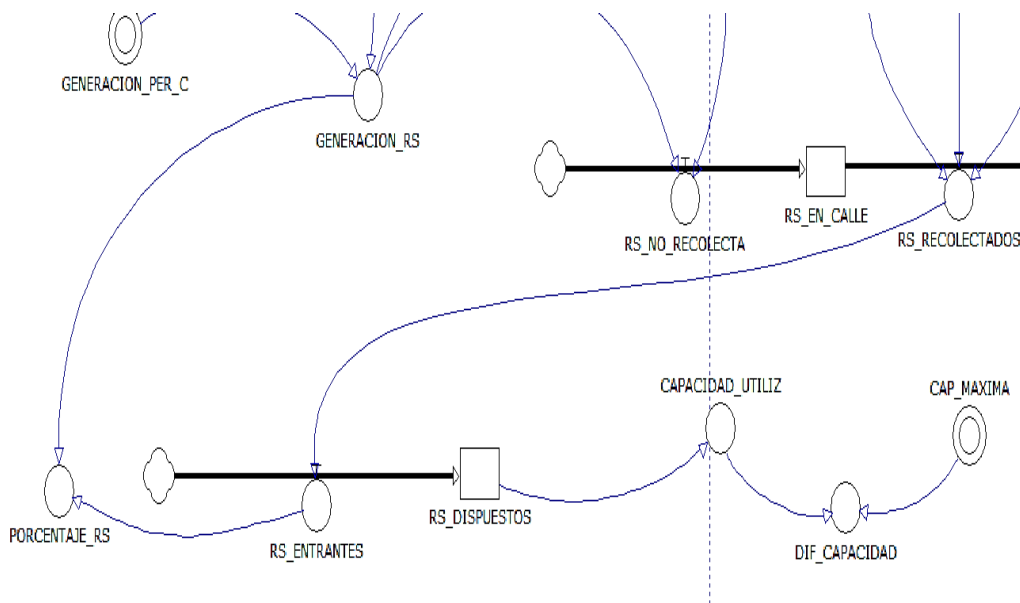
*Figura 4.* Visualización de la variable Población.  
Fuente. Autor del proyecto

La variable de población tiene una influencia mayor junto con la variable de generación per cápita, la cual permite conocer la cantidad de residuos sólidos que son generados por cada persona en la variable de generación de residuos sólidos y con esta se da inicio a la problemática que se genera debido al aumento en la cantidad de los residuos sólidos. Por consiguiente, se encuentra la relación entre la variable de generación de residuos sólidos y el flujo de los residuos sólidos no recolectados, el cual es el flujo de entrada para la variable de nivel de los residuos sólidos en la calle; este flujo de residuos sólidos no recolectados se verá influenciado también por la variable de aprovechamiento debido a que con esta variable se podrán realizar las respectivas simulación con los datos anteriormente dado (ver tabla 3), la variable aprovechamiento depende de la generación de residuos sólidos, es por esto que en el modelo es notorio ver su relación.



*Figura 5.* Visualización de la variable Residuos sólidos en las calle.  
Fuente. Autor del proyecto

La variable de nivel de residuos sólidos en las calles también cuenta con un flujo de salida denominado residuos sólidos recolectados, el cual tiene en cuenta las variables de vehículos disponibles, capacidad del vehículo recolector y la frecuencia de recolección. Este flujo de residuos recolectados es un factor importante para el cálculo de los residuos sólidos entrantes, debido a que son los residuos que deben entrar al relleno sanitario para poder ser dispuestos de manera adecuada, debido a que los residuos generados en el municipio no reciben ningún aprovechamiento y tampoco se realiza una separación en la fuente, todos los residuos son directamente dispuestos en el relleno sanitario.



*Figura 6.* Visualización de la variable de Residuos sólidos dispuestos.

Fuente. Autor del proyecto

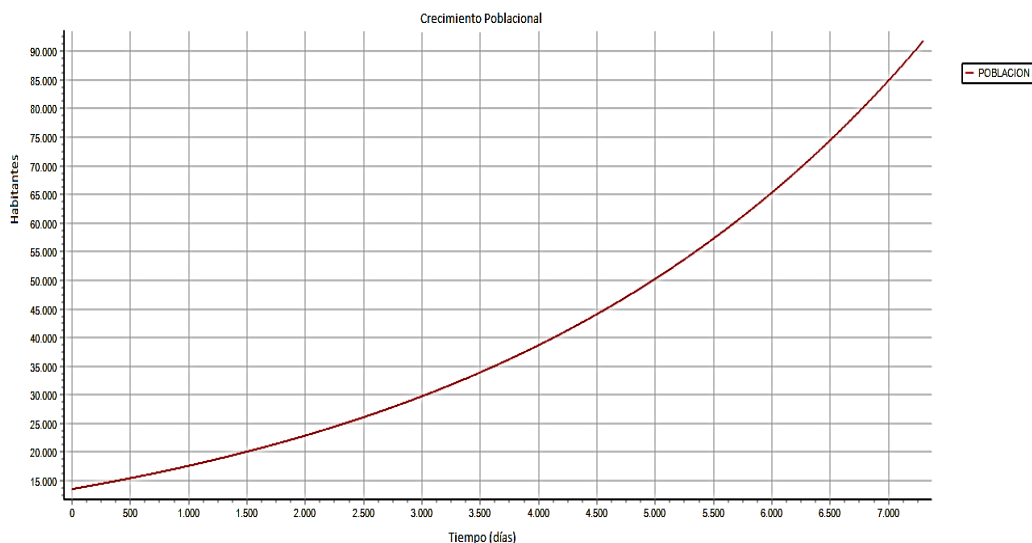
La variable de nivel de residuos sólidos dispuesto, es influenciada por la variable de flujo de nivel de residuos sólidos entrantes, la cual se estableció como entrada para este nivel; simultáneamente, se encuentran tres variables que son la capacidad utilizada, indicando la cantidad de residuos sólidos dispuestos por parte del municipio, por consiguiente la diferencia de capacidad que se refiere a la vida útil con la que cuenta el relleno sanitario, por último, se encuentra la capacidad máxima, la cual indica la capacidad actual del Relleno Sanitario Regional La Madera.

Para finalizar, se tuvo en cuenta el porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente. Esta variable es influenciada por la generación de residuos sólidos y los residuos sólidos entrantes, se incluyó teniendo en cuenta la definición del Índice de Calidad Ambiental Urbana –ICAU.

### 4.3 Analizar el comportamiento del sistema en un futuro cercano, planteando alternativas para la mejora del servicio ambiental.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la simulación realizada. Se tiene en cuenta que el método de integración utilizado por el software para las simulaciones es el de Euler y se establece un tiempo de simulación de 7.300 días, lo equivalente a 20 años.

Principalmente se tiene en cuenta la Figura 6 del crecimiento poblacional en la cual, se observa notoriamente el ascenso de la variable Población a través del tiempo. Cabe resaltar que la poblacional inicial fue tomada por la proyección del DANE y es de 13.567 habitantes en el casco urbano del municipio para el año 2020. (Como se cita en ( Alcaldía municipal de Convención Norte de Santander, 2015), Por lo tanto, se considera que para el año 2030 la población en el casco urbano alcanzará los 35.298 habitantes y para el año 2040 posiblemente en el casco urbano del municipio se tendrá una población de 91.835 habitantes.

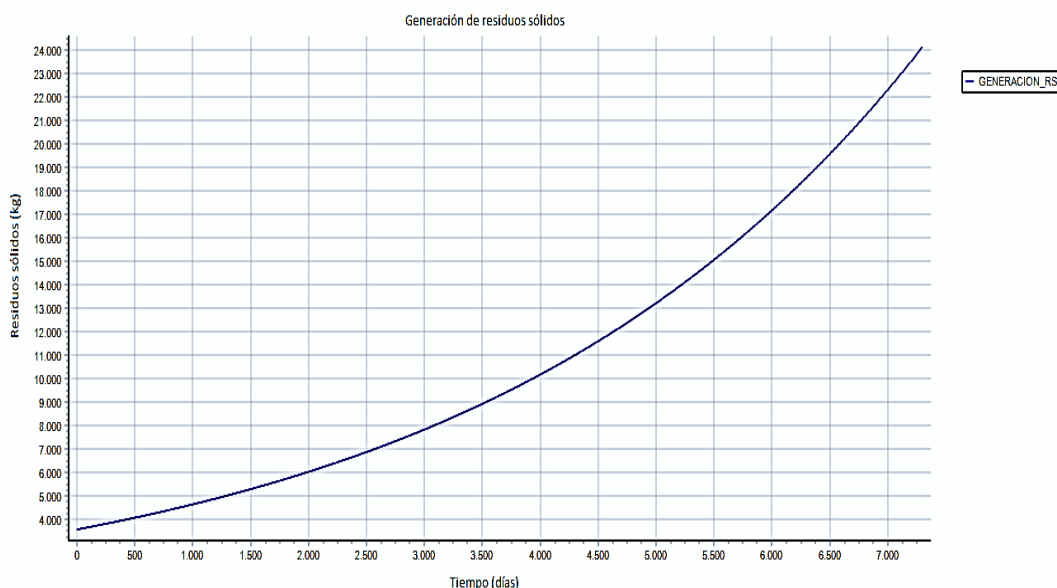


*Figura 7.* Crecimiento poblacional.

Fuente. Autor del proyecto

En lo que refiere a la generación de residuos sólidos, se puede analizar la figura 7; la cual, indica que esta variable influenciada por la generación per cápita y la población a medida del paso del tiempo tiende a ser ascendente; esto, es provocado principalmente por el crecimiento exponencial de la población, influyendo de manera directa en la generación de los residuos sólidos.

Lo que indica que para el año 2030 se podrían tener 9.283 kg de residuos sólidos al día, lo equivalente a 9 toneladas aproximadamente y para el año 2040 se podían generar 24.152 kg de residuos sólidos al día. Estos resultados son alarmantes para el municipio en general, debido a que dentro de 20 años el municipio estaría produciendo 20 toneladas más de residuos sólidos al día.



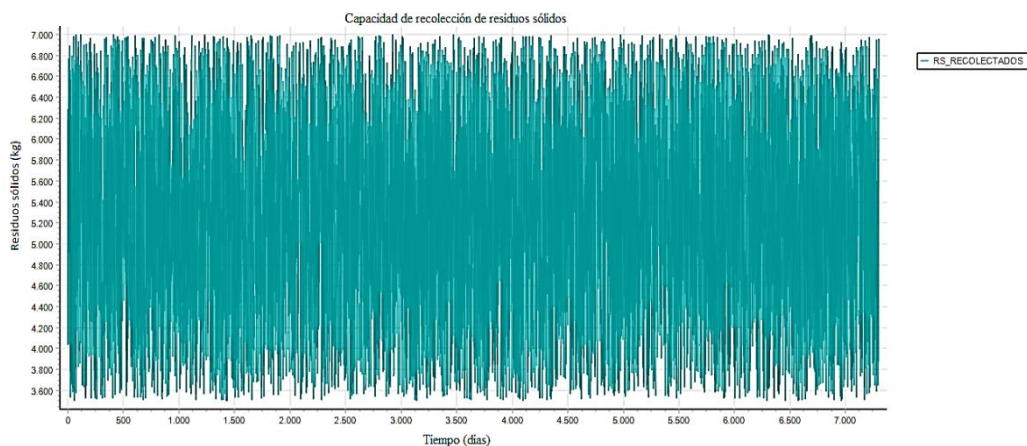
*Figura 8.* Residuos sólidos generados

Fuente. Autor del proyecto

Al analizar la figura 8, sobre la capacidad de recolección de residuos sólidos, se puede observar que los residuos sólidos recolectados a diario varían considerablemente; esto es causado

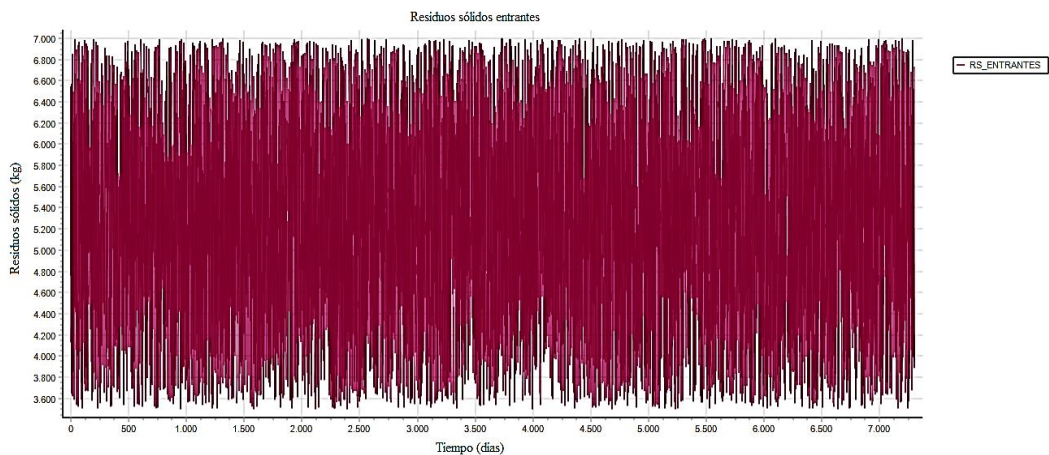


por la frecuencia de recolección, ya que es calculada según las veces que el vehículo recolector realiza su actividad y es evaluada entre 1 y 2 veces al día por la función Random.



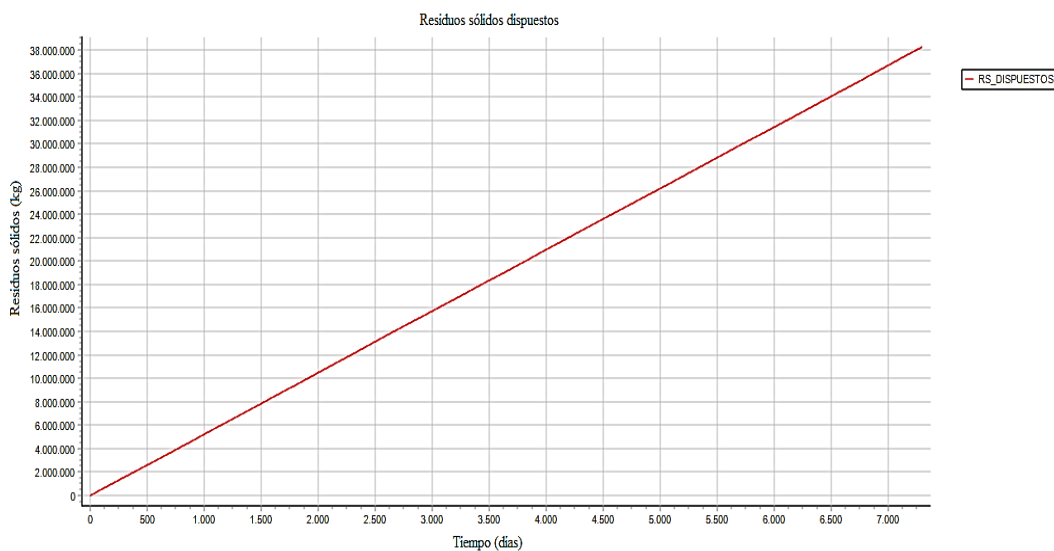
*Figura 9.* Capacidad de recolección de residuos sólidos.  
Fuente. Autor del proyecto

De igual manera, debido al cálculo realizado por medio de la función Random para la frecuencia de recolección, se genera una gráfica similar en la figura 9 de los residuos sólidos entrantes al Relleno Sanitario Regional La Madera; en la cual se encuentran crecimientos y decrecimientos lo cual, no representa una periodicidad.



*Figura 10.* Residuos sólidos entrantes.  
Fuente. Autor del proyecto

Por su parte, referente a los residuos sólidos dispuestos al día se genera la figura 10 en la cual, se es posible observar un crecimiento en la cantidad de residuos sólidos a medida en que transcurre el tiempo. Estos datos no son los mismos que los que se obtuvieron en la figura 7 de residuos sólidos generados, ya que indica de manera acumulativa los residuos sólidos que se encuentran en el relleno sanitario. Mostrando así, que para el año 2030 se habrá dispuesto en el Relleno Sanitario Regional La Madera aproximadamente 19 mil toneladas de residuos sólidos de parte del municipio de Convención y para el año 2040 se habrá dispuesto aproximadamente 38 mil toneladas de residuos sólidos.

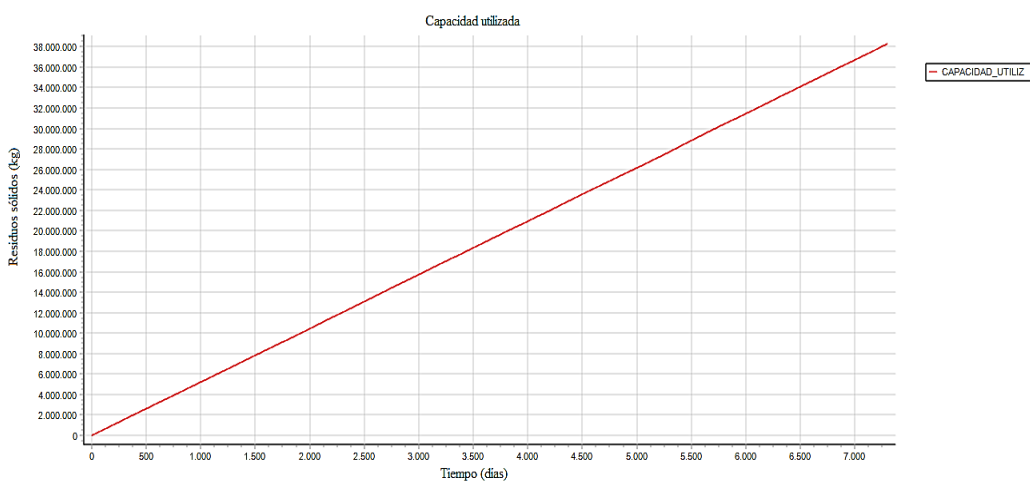


*Figura 11.* Residuos sólidos dispuestos.

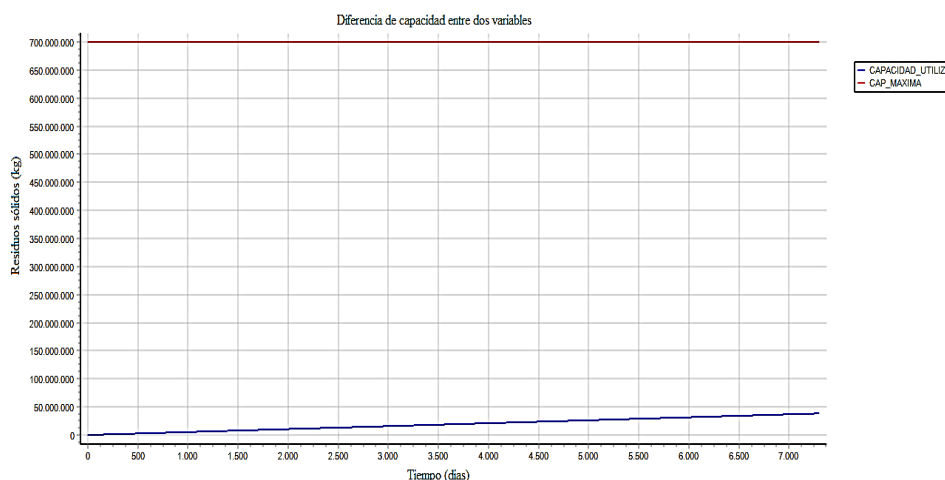
Fuente. Autor del proyecto

Como se espera, los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario son iguales a la capacidad utilizada por el municipio (ver figura 11), ya que son las cantidades que se encuentran en el relleno sanitario. Para lo cual, se ocupa una capacidad de 38.278.445 kg de residuos sólidos en el año 2040.

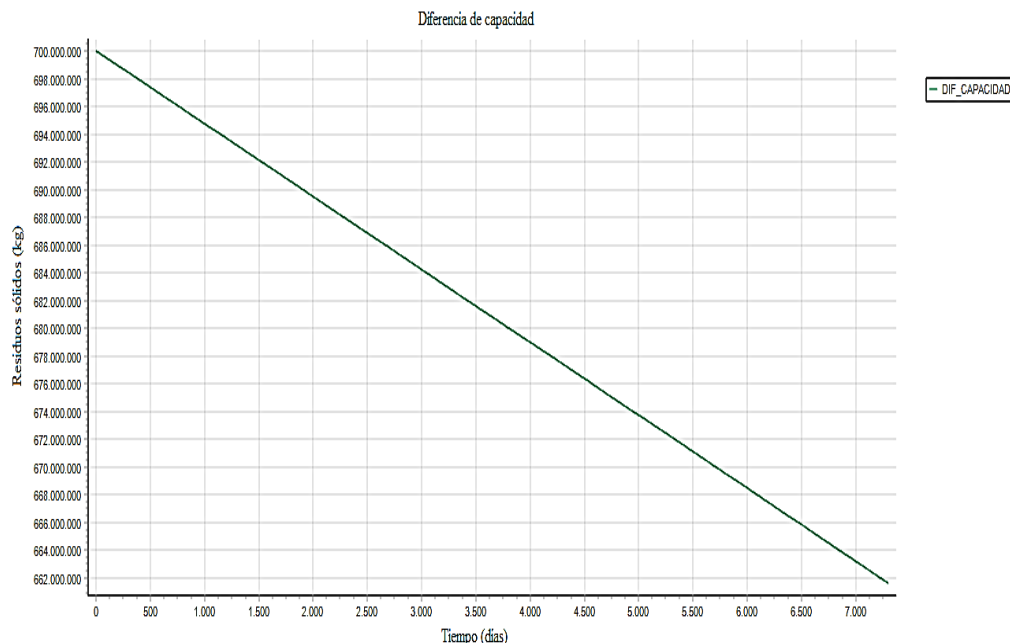
Con el fin de tener claridad sobre este asunto, se representa en la figura 12 la diferencia de capacidad entre la variable de la capacidad utilizada y la capacidad máxima del relleno sanitario, a simple se puede observar el aumento en el uso de la capacidad del relleno y el cual, al transcurrir el tiempo, en este caso los días se va comportando de manera creciente la variable de la capacidad utilizada. Por otra parte, se tiene en cuenta en la figura 13 la diferencia de capacidad, y en ella se ve reflejado de manera más precisa la disminución de la capacidad del relleno sanitario al ser dispuestos los residuos sólidos del municipio de Convención.



*Figura 12.* Capacidad utilizada por el municipio  
Fuente. Autor del proyecto



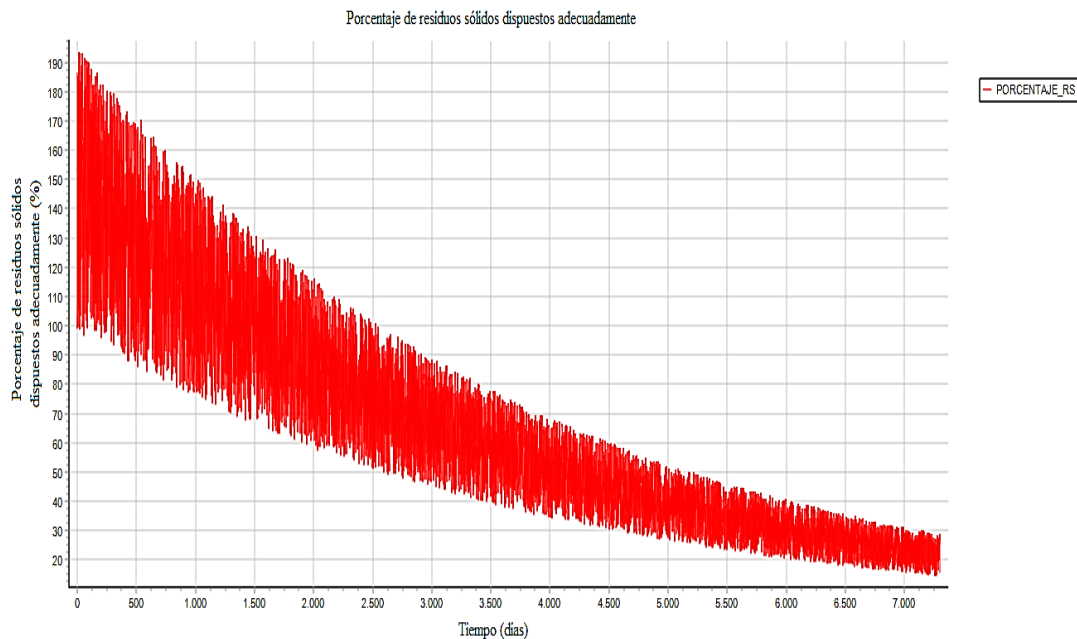
*Figura 13.* Diferencia de capacidad entre dos variables  
Fuente. Autor del proyecto



*Figura 14.* Diferencia de capacidad.

Fuente. Autor del proyecto

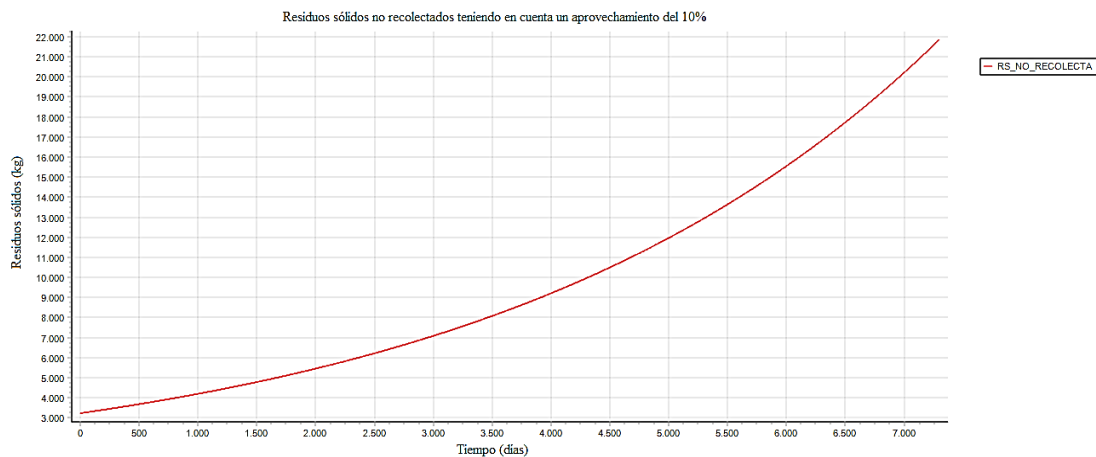
Para finalizar en cuanto al análisis de las simulaciones a un futuro del servicio público de aseo del municipio, se representa en la figura 14 el porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente, en la cual, se observa una caída en el porcentaje a medida que transcurre el tiempo, se representa por varias líneas de color rojo, que se originan debido a la función Random utilizada para el cálculo de la frecuencia de recolección; indicando que, durante los primeros años los residuos sólidos que pueden entrar al sitio de disposición final superará a la cantidad de residuos sólidos generados, ya que la capacidad de recolección es superior a la cantidad de residuos sólidos que se generarán; por otra parte, el decrecimiento de este porcentaje se debe a que los residuos sólidos generados serán mucho mayores a los que pueden ser ingresados al sitio de disposición final, debido a la baja capacidad de recolección de estos. Demostrando que todos los residuos sólidos que serán generados desde aproximadamente 5 años en adelante no van a poder ser dispuestos de manera adecuada en su totalidad.



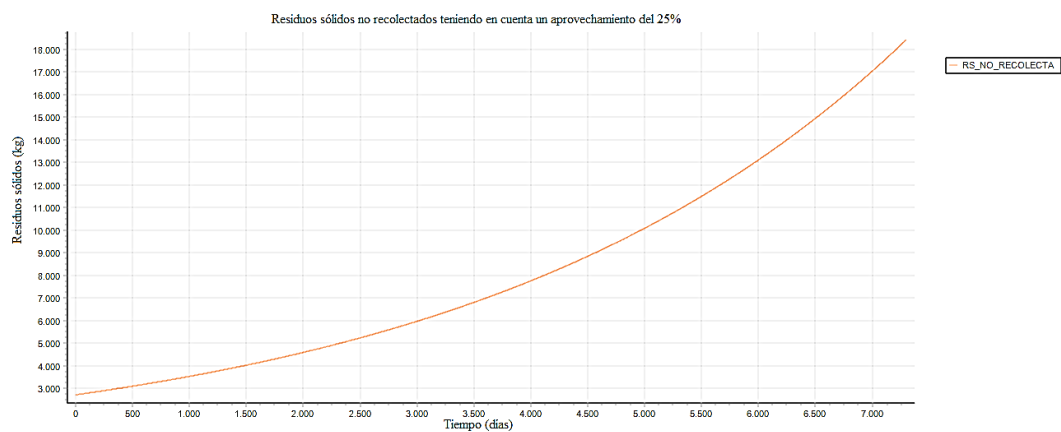
*Figura 15.* Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente  
Fuente. Autor del proyecto

Por consiguiente, se realizaron las simulaciones teniendo en cuenta los diferentes escenarios planteados, en los cuales, se tiene en cuenta una nueva variable de Aprovechamiento y con base a esta se establecen tres porcentajes de aprovechamiento de residuos sólidos (10%, 25% y 50%) con el fin de conocer el cambio que esta actividad podría generar en cuanto a la cantidad de residuos sólidos no recolectados.

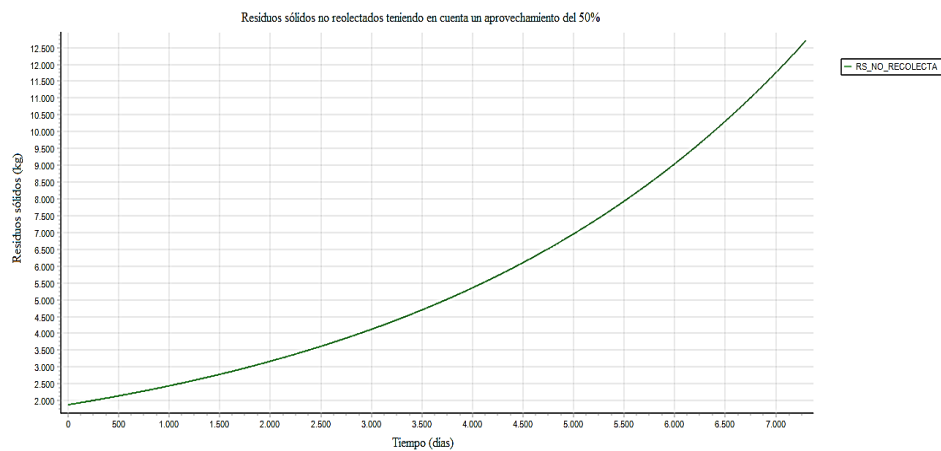
Al establecer el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en un 10% (ver figura 15) se obtiene una reducción para el año 2040 de 2.287 kg de residuos sólidos; ahora bien, para un aprovechamiento del 25% (ver figura 16) se obtiene una reducción de 5.600 kg de residuos sólidos aproximadamente y para el último escenario planteado con un aprovechamiento del 50% (ver figura 17) se obtiene para el 2040 una reducción de aproximadamente 11450 kg de residuos sólidos.



*Figura 16.* Residuos sólidos no recolectados teniendo en cuenta un aprovechamiento del 10%.  
Fuente. Autor del proyecto



*Figura 17.* Residuos sólidos no recolectados teniendo en cuenta un aprovechamiento del 25%.  
Fuente. Autor del proyecto



*Figura 18.* Residuos sólidos no recolectados teniendo en cuenta un aprovechamiento del 50%.  
Fuente. Autor del proyecto

Para el mejoramiento del servicio prestado en el municipio, se plantearon las siguientes alternativas: Establecimiento y desarrollo de la actividad de aprovechamiento; La cual, permite recuperar de manera eficiente aquellos materiales susceptibles a ser reutilizados o reciclados, logrando disminuir significativamente la cantidad de residuos sólidos que se dirigen al sitio de disposición final, ya que más del 94% de los residuos sólidos generados por el municipio pueden ser aprovechados y como se evidencia en las simulaciones realizadas la reducción de residuos sólidos es muy notoria; por otra parte, con la implementación de esta actividad se podrían reducir los costos originados por la disposición final de los residuos en el Relleno Sanitario Regional La Madera, ya que, por este proceso se debe realizar un pago a la empresa correspondiente por el servicio prestado.

Desarrollar campañas de concientización y establecer políticas a los habitantes del municipio, para así, aumentar la cantidad de residuos sólidos aprovechados y lograr disminuir el impacto negativo que recibe el ambiente, ya que se puede apreciar que la reducción de residuos sólidos es notoria implementándose desde un 10% el aprovechamiento de los mismos; por otra parte, promover el consumo de productos amigables con el ambiente, con una vida útil más larga y un tiempo reducido en cuanto a la degradación del residuo sólido logrando reducir la generación per cápita.

Planeación e implementación para un futuro cercano de mejoras en lo relacionado a la capacidad de recolección del municipio, con el fin de poder lograr que todos los residuos sólidos que serán generados por los habitantes sean dispuestos adecuadamente. Por otra parte, con la

aplicación del ciclo de Deming se puede lograr la mejora continua del servicio público de aseo del municipio de Convención.



## Capítulo 5. Conclusiones

Se establecieron los diferentes elementos que intervienen y se relacionan en el sistema, siendo estos, esenciales para su funcionamiento y para conocer la estructura básica del mismo. Los elementos o variables fijados fueron 20 en su totalidad, incluyendo la variable de aprovechamiento como un anexo para el análisis de la misma, al incluirse la actividad en el sistema. Esto, teniendo en cuenta que para el correcto desempeño de la actividad de disposición final, es importante conocer el comportamiento del mismo, como sus entradas, salidas, componentes, procesos, relación de material, entre otros aspectos. Los elementos básicos que conforman el sistema son: la población, nacimientos, muertes, tasa de natalidad, tasa de mortalidad, la generación per cápita, los residuos sólidos no recolectados, el aprovechamiento, residuos en la calle, residuos sólidos recolectados, capacidad del vehículo recolector, vehículos disponibles, frecuencia de recolección, residuos sólidos entrantes, residuos sólidos dispuestos, capacidad utilizada, diferencia de capacidad, capacidad máxima y el porcentaje de residuos sólidos dispuestos.

La Empresa De Servicios Públicos de Convención (E.S.P.C. S.A.), actualmente cumple con la cobertura total de la zona urbana del municipio, el porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente es alto, teniendo en cuenta que la capacidad que se tiene para su recolección es muy buena; por consiguiente a esto, se logró explicar el comportamiento del sistema iniciando con la variable de población y finalizando así, con el porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente.

Según los resultados obtenidos, el sistema para el año 2040, correspondiente a los 73000 días de simulación, no podrá ser sostenible, ni prestarse el servicio con una cobertura total de la zona urbana si este se mantiene en las mismas condiciones, debido a que la población obtiene un aumento considerable y por ende la generación de residuos sólidos incrementa de manera proporcional; la causa se encuentra en los residuos sólidos recolectados, ya que al sólo tener un vehículo compactador, con capacidad de 3,5 toneladas y la frecuencia de recolección de 1 o 2 veces al día no serán suficientes para el total de residuos sólidos que se generarán. Las alternativas propuestas impulsan el desarrollo de la actividad de aprovechamiento, considerando el cambio que esto genera en el sistema de manera positiva, ya que según las simulaciones realizadas con el 50% de aprovechamiento se puede rezurcir 1,5 años de vida útil al relleno sanitario “La Madera” sólo con el municipio de Convención; de igual manera se propuso el desarrollo de campañas y el establecimiento de políticas para los habitantes, con el fin de impulsar a la comunidad y brindar educación ambiental, también promoviendo el consumo de productos amigables con el ambiente; lo cual, disminuye la generación per cápita; la última alternativa propuesta fue la planeación e implementación en un futuro cercano, de mejoras en la capacidad de recolección de la empresa, promoviendo la puesta en marcha del ciclo de Deming para su mejora continua y para lograr disponer todos los residuos adecuadamente.

Por último, se destaca la importancia referente al crecimiento poblacional que presentaría el municipio, lo cual, hace que el sistema se haga más complejo, sin embargo, con el uso de herramientas como la dinámica de sistemas se logra un análisis del mismo y con la puesta en marcha de las alternativas propuestas, el sistema lograría mejoras en sus condiciones actuales y futuras.

## Capítulo 6. Recomendaciones

La presente investigación aporta información importante para el municipio de Convención, la Empresa de Servicios públicos de Convención (E.S.P.C.), la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña (E.S.P.O), el municipio de Ocaña, investigadores, estudiantes y demás partes interesadas; Por lo que se recomienda que las personas involucradas tengan conocimiento de este servicio y por ende del sistema, y así conozcan y manejen mejor los procesos.

Se recomienda al municipio de Convención, Norte de Santander y a la Empresa de Servicios Públicos de Convención mantener la información actualizada y completa, para así, obtener resultados en las simulaciones más cercanos a la realidad y profundos en cuanto al sistema del servicio público de aseo.

De igual manera, se recomienda tener en cuenta la mejora continua del servicio y empezar a planear y realizar las alternativas planteadas para su correcta prestación en un futuro cercano.

## Referencias

- Alcaldía municipal de Convención Norte de Santander. (2015). *Plan de gestión integral de residuos sólidos*.
- Amador, L. E. (2011). *Los servicios públicos frente a las reformas económicas en Colombia*. Universidad Externado de Colombia. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=VCidzuDeihMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=VCidzuDeihMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1995). *Dinámica de Sistemas*. Alianza. Obtenido de <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Aracil%20Gordillo%20DS.pdf>
- Ávila, S., Nieto, M. S., Jiménez, D. C., & Osorio, J. C. (2011). *Análisis del impacto generado en un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos por el aumento de los residuos asociados al crecimiento de la población a través de Dinámica*. Obtenido de La Dinámica de Sistemas: Un Paradigma de Pensamiento. 9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario: [https://www.urosario.edu.co/urosario\\_files/f4/f49dd4da-d09e-49bd-9af9-882bec755eec.pdf](https://www.urosario.edu.co/urosario_files/f4/f49dd4da-d09e-49bd-9af9-882bec755eec.pdf)
- Banco Mundial. (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org>
- Castelli, M., & Di Libero, M. (2012). *Modelo de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos*. Obtenido de <http://dinamica-de-sistemas.com/revista/0613f-dinamica-de-sistemas.pdf>

- Dalle, P., Boniolo, P., Sautu, R., & Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Obtenido de Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/formacion-virtual/20100719035021/sautu.p>
- Decreto 2981. (2013 ). *Diario Oficial 49010 de diciembre 20 de 2013 (20 de Diciembre de 2013)*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035>
- Espinoza, G. (2007). *Gestion y fundamentos de evaluacion de impacto ambiental*. . Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1052.pdf>
- González-Busto, B. (1998). *La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación*. Obtenido de Universidad de Oviedo. Facultad de Ciencias Económicas: [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/45726/1/d168\\_99.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/45726/1/d168_99.pdf)
- Ibarra, D., Redondo, J., & Peña, C. (2010). *Modelo de regionalización para el manejo sostenible de los residuos sólidos municipales*. Obtenido de La Dinámica de Sistemas para la efectiva toma de decisiones y análisis estratégico de problemas: [https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010\\_Memorias.pdf](https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010_Memorias.pdf)
- Ibarra, D; Redondo, J. (2011). *Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia*. Recuperado el 6 de diciembre de 2019, de “La Simulación al Servicio de la Academia - Reflexiones y Aplicaciones de la Dinámica d. Obtenido de Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad del Rosario -

Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas:

<https://core.ac.uk/download/pdf/86442476.pdf#page=84>

Ley 689. (2001). *Diario Oficial No. 44.537, de agosto 31 de 2001* . Obtenido de

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0689\\_2001.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0689_2001.html)

Monterrosa, H. (2019). *Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que*

*genera anualmente. Editorial La República S.A.S.* Obtenido de

[https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-](https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141)

[40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141](https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141)

Rincón, M. J. (2012). *Formulacion del plan de contingencia y emergencia para la continuidad*

*en la prestacion del servicio de aseo (recoleccion, transporte y disposicion final) para la*

*empresa de servicios publicos de ocaña (ESPO S.A).* Obtenido de

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1352/1/29551.pdf>

Rozo, C., Lizcano, I., & Lizcano, J. (2012). *La metodología tarifaria y el marco regulatorio del*

*servicio público de aseo en Colombia; dos variables que no se ajustan a la realidad.*

*Tecnogestión, 9(1), 20-25.* Obtenido de

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/5648/7166>

Unchupaico, C. A. (2012). *Modelo de gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos para el*

*distrito de El Tambo, Huancayo, 2011. Recuperado el 6 de diciembre de 2019, de*

*Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela de Postgrado.:* Obtenido de

<http://181.65.200.104/handle/UNCP/1328>

Vásquez, O. (2005). *Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la*

*Región Metropolitana de Chile. Revista de dinámica de sistemas, 1(1), 27-52.* Obtenido

de

[http://www.ced.cl/cedcl/wp-](http://www.ced.cl/cedcl/wp-content/uploads/2012/03/modelosimulaciongestionresiduos.pdf)

[content/uploads/2012/03/modelosimulaciongestionresiduos.pdf](http://www.ced.cl/cedcl/wp-content/uploads/2012/03/modelosimulaciongestionresiduos.pdf)