UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA - SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS

TESIS

MODELO PROSPECTIVO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE PAMPAS DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTION DE CONOCIMIENTO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

- CONDOR PAUCAR, Fredy Alfredo
- LIMA ATAUCUSI, Edgar Luis

HUANCAVELICA_2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por Ley N ° 25265)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Aula Magna de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, a los **19** días del mes de **Julio** del año 2017, a horas **15:00** se reunieron el Jurado Calificador conformado de la siguiente manera:

Presidente : **Dr. John Fredy ROJAS BUJAICO**
Secretario : **M. Sc. Javier Alfredo HERRERA MORALES**
Vocal : **Mg. Carlos Alcides ALMIDÓN ORTIZ**

Ratificados con Resolución N° **249-2017-FIES-UNH** del proyecto de investigación (Tesis) Titulado: **"MODELO PROSPECTIVO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE PAMPAS DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA"**.

Cuyos autores son los graduados:

BACHILLERES: **Fredy Alfredo CONDOR PAUCAR**
Edgar Luis LIMA ATAUCUSI

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y a los sustentantes a abandonar el recinto; y luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO [X] **POR MAYORIA**

DESAPROBADO [ ]

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

Dr. John Fredy ROJAS BUJAICO
PRESIDENTE

M. Sc. Javier Alfredo HERRERA MORALES
SECRETARIO

Mg. Carlos Alcides ALMIDÓN ORTIZ
VOCAL

ASESOR

Dr. FERNANDO VITERBO SINCHE CRISPIN

A MIS PADRES, GESTOR DE MIS LOGROS

AGRADECIMIENTOS

Como otros muchos trabajos, esta tesis ha transitado por distintos períodos, ha conocido momentos productivos, momentos fértiles; sin embargo, también los ha habido yermos y desoladores. No obstante, han sido muchas las personas que nos han ayudado a recorrerlos, un pequeño gesto o un simple comentario han sido suficientes.

En primer lugar, queremos agradecer las personas que sin mediar alguna retribución nos motivaron a sacar adelante la presente tesis, en segundo lugar, a los docentes quienes nos inculcaron sabias enseñanzas las cuales las pusimos en práctica en la realización de esta investigación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS iv
RESUMEN. viii
INTRODUCCIÓN ix
Capitulo I. Problema 1
1.1 Planteamiento del Problema 1
1.1.1. Situación problemática en el mundo 1
1.1.2. Situación problemática en el Perú 3
1.1.3. Situación problemática a nivel local 4
1.2 Formulación del Problema 8
1.2.1. Problema general 8
1.2.2. Problemas específicos 8
1.3 Objetivo 8
1.3.1. Objetivo General 8
1.3.2. Objetivo Específicos 8
1.4 Justificación 8
1.1.1. Aporte teórico 9
1.1.2. Aporte practico 9
1.1.3. Aporte metodológico 9
Capitulo II. Marco Teórico 11
2.1. Antecedentes 11
2.2. Bases Teóricas 12
2.2.1. Contaminación ambiental 12
2.2.2. Definición y Características de los Residuos 14
2.2.3. Dinámica de sistemas 15
2.2.4. Prospectiva aplicando la Dinámica de Sistemas como herramienta de estudio 21
2.3. Hipótesis 21
2.3.1. Hipótesis general 21
2.3.2. Hipótesis especifico 22
2.4. Definición de Términos 22
2.4.1. Prospectiva 22
2.4.2. Residuos solidos 22

2.4.3. Sistema 23
2.4.4. Límites del sistema 23
2.4.5. Modelo 23
2.4.6. Diagrama causal 23
2.4.7. Retroalimentación 23
2.4.8. Escenario 23
2.4.9. Simulación 24
2.4.10. Análisis sensibilidad 24
2.4.11. Estructura 24
2.4.12. Flujo 24
2.4.13. Nivel 24
2.4.14. Distribución de probabilidad 24
2.5. Identificación de Variables 24
2.6. Definición Operativa de Variables e indicadores 25
Capitulo III.Metodología de la Investigación 26
3.1. Ámbito de estudio 26
3.2. Tipo de Investigación 26
3.3. Nivel de Investigación 26
3.4. Método de Investigación 27
3.4.1. Métodos generales. 27
3.4.2. Métodos particulares. 27
3.5. Diseño de Investigación 28
3.6. Población, Muestra, Muestreo 28
2.6.1. Población 28
2.6.2. Muestra 28
2.6.3. Tipo de muestreo 28
3.7. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos 28
3.8. Procedimiento de Recolección de Datos 29
3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos a través de la Dinámica de sistemas. 29
Capitulo IV.Resultados 31
4.1. Análisis de estrategias actuales del manejo de residuos solidos 31
4.1.1. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) 31

4.1.2. Competencias de gobiernos locales en materia ambiental 33
4.1.2.1. Análisis de la gestión de residuos sólidos de ámbito municipal 36
4.1.3. Impactos de estrategias actuales en la gestión y manejo de residuos sólidos..... 39
4.1.4. Evaluación de estrategias de gestión y manejo de residuos sólidos mediante la Dinámica de Sistemas. 45
a. En escenario actual 45
b. En escenario mejorado 49
4.1.5. Propuesta para mejorar el manejo de residuos solidos 53
4.2. Discusión de los resultados 55
i. Análisis de la información concerniente al Marco Hipotético. 56
ii. Análisis de resultados referidos a la Hipótesis General 56
iii. Análisis de resultados referidos a las Hipótesis Específicas. 56
CONCLUSIONES 58
RECOMENDACIONES 59
BIBLIOGRAFÍA 60
ANEXOS 61
ANEXO 01: PROCESO DE MODELADO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE PAMPAS DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA 62
ANEXO 02: ECUACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO 104
ANEXO 03: FOTOS 108
ANEXO 04: FICHA DE ENCUESTA 110

RESUMEN

En el estudio propuesto se desarrolla un modelo utilizando la dinámica de sistemas (Javier Aracil y Francisco Gordillo, 1997), que permite simular el manejo de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios en la zona urbana de la ciudad de Pampas (Región Huancavelica en Perú). Se realiza el análisis con las características actuales de la gestión desarrollada y proponiendo un modelo con las alternativas de reciclaje y construcción de una planta de tratamiento previo a la disposición en el relleno sanitario. El modelo fue construido utilizando el software Vensim, para ello se ha recurrido a datos de investigaciones previas histórico-estadísticos, así como encuestas realizadas a los pobladores para la ponderación de las tasas de generación de residuos como también pruebas para la caracterización de los residuos sólidos. Los modelos integran los diversos componentes participantes, tales como: población, recolección de residuos, botadero controlado, residuos sólidos producidos, población, segregación, financiamiento, sensibilización y el tiempo. Se concluye que la sensibilización informativa y funcional que permita la segregación de los residuos en el origen, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos en el botadero controlado y en los costos asociados a la producción, recolección y disposición de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana de Pampas.

Palabras claves: Gestión del Conocimiento, Administración, área crítica

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos comprenden todos los desechos provenientes de las actividades humanas y animales, por lo tanto, se puede decir que los residuos sólidos son una consecuencia de la vida, de modo que la proporción en la que esta aumenta afecta directamente la producción de residuos[1].

En el distrito de Pampas de la región de Huancavelica, el crecimiento acelerado de la población urbana en los últimos años, así como el crecimiento de las empresas, instituciones públicas y privadas, comercio han aumentado; su población es de 6710 habitantes que se encuentra concentrada en la zona urbana un promedio estimado de 7182 habitantes para el año 2021 y según estudios de investigación la cantidad de residuos sólidos esta en estrecha relación con el crecimiento de una población.

El problema en el manejo de los residuos sólidos en la zona urbana de Pampas es originado fundamentalmente en: la generación de residuos sólidos que ha experimentado un aumento exponencial en los últimos años; la condición socioeconómica de sus pobladores, los patrones de consumo urbano; la forma de recolección de residuos domiciliarios y no domiciliarios en el distrito de estudio que se realiza de manera informal; el reciclaje que se realiza gracias a la separación de los residuos en el origen realizada por recicladores informales y sobre todo en la inadecuada disposición final que se efectúa en los mal llamados “Planta de tratamiento de residuos sólidos”.

El objetivo de la presente investigación es diseñar un modelo dinámico mediante la Dinámica de Sistemas que permita identificar y jerarquizar los factores críticos que generan la contaminación en el tratamiento de los residuos sólidos en la zona urbana del distrito de Pampas.

Por ello, realizamos la presente investigación bajo el enfoque diferente que nos permita comprender la estructura de la problemática con una visión holística, la Dinámica de

[1] CALDAS BLUM, Manuel; CARDONA PLAZAS, Sergio Andrés; GUTIÉRREZ RINCÓN, Viviana Andrea; SOLÍS MOLINA, Miguel Ángel y OSORIO GÓMEZ, Juan Carlos. Una aproximación al problema de la gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios del municipio de Santiago de Cali desde el enfoqué del pensamiento sistémico. 5to encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. 2007.

Sistemas, que nos ofrece resultados más fiables que otras formas tradicionales de percibir la problemática, haciendo el uso del pensamiento sistémico.

El propósito de la presente es: por un lado, determinar la forma de contribución de las estrategias o políticas actuales en el manejo adecuado de residuos sólidos. Por otro lado, determinar la contribución de las estrategias, que se va proponer al final de la investigación. Para ello haremos el uso, el proceso de modelado de la dinámica de sistemas y sus modelos de simulación.

Capitulo I. Problema

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1. Situación problemática en el mundo

El manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades.

Las etapas que constituyen el manejo de residuos sólidos son: generación, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final (Ochoa, 2009).

En el caso de América Latina y El Caribe ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de "recolección y disposición final" dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada (AIDIS- IDRC., 2006). En muchos países de la región se utilizan los vertederos y/o botaderos a cielo abierto sin las debidas especificaciones técnicas; se continúa con la práctica de recolección sin clasificación y/o separación de los desechos desde el origen; existe un enorme número de segredadores trabajando en las calles y en los vertederos, buscando sobre vivir del aprovechamiento de materiales reciclables a pesar del riesgo a que exponen su salud e integridad física, unido esto a la deficiencia en la administración tanto pública como privada del sector

son aspectos que revelan la crisis que presenta en la región el manejo de residuos sólidos (AIDIS-IDRC., 2006).

A nivel mundial el incremento en el consumo de productos procesados ha elevado la tasa de generación de desechos por habitante diaria (Ochoa, 2009), en el caso latinoamericano Ripoll (2003) indicó que la tasa de generación en las últimas décadas se ha incrementado de 0,5 a 1 Kg/habitante-día, lo cual resulta inferior en un 25% a 50% a la tasa de generación de los países industrializados. Para 2005 la Organización Panamericana de la Salud (OPS) reportó que la tasa media per cápita de residuos sólidos urbanos asciende a 0,91 Kg/habitante-día para América Latina y El Caribe[2].

En el cuadro 1 se presenta la tasa de generación de desechos por habitante por día en algunas ciudades principales y municipios de Latinoamérica, se observa como la cantidad de residuos sólidos generados por habitante al día, para el 55% de las ciudades tabuladas, es mayor a 1 Kg/habitante-día, sobrepasando lo indicado por Ripoll (2003).

Cuadro 1. 1. Generación de basura en las principales ciudades de Latinoamérica y El Caribe

País	Ciudad/Municipio	Población (Hab.)	Generación (ton/día)	Generación (Kg/hab. - día)
Argentina	Buenos Aires	2 768 772	5000	1,81
Venezuela	Caracas	2 758 917	4000	1,45
México	México	8 720 916	12000	1,38
Chile	Santiago de Chile	5 875 013	7100	1,21
Perú	Lima	8 445 200	8938,5	1,06
Colombia	Bogotá	6 778 691	5891,8	0,87
Ecuador	Quito	1 839 853	1500	0,82
Cuba	La habana	2 201 600	1060	0,48
Bolivia	La paz	2 350 466	451	0,19

Fuente: Noguera y Oliveros (2010)

[2] Alejandrina Sáez y Joheni A. Urdaneta G. "Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe", Universidad del Zulia. 2014

El presente trabajo repercutirá el aporte a los países de a nivel internacional para mejorar el manejo y gestión eficiente de residuos sólidos.

1.1.2. Situación problemática en el Perú

Según la Ley General de Residuos Sólidos, son los gobiernos locales los que tienen la misión de orientar a los pobladores hacia buenas prácticas en el manejo de residuos. Los municipios se hacen cargo a través de la implementación de proyectos integrales que buscan desarrollar capacidades de educar a los ciudadanos asignando recursos que permitan reducir, reusar y reciclar residuos sólidos, así como educarlos para rechazar su generación y reflexionar acerca de estos temas.

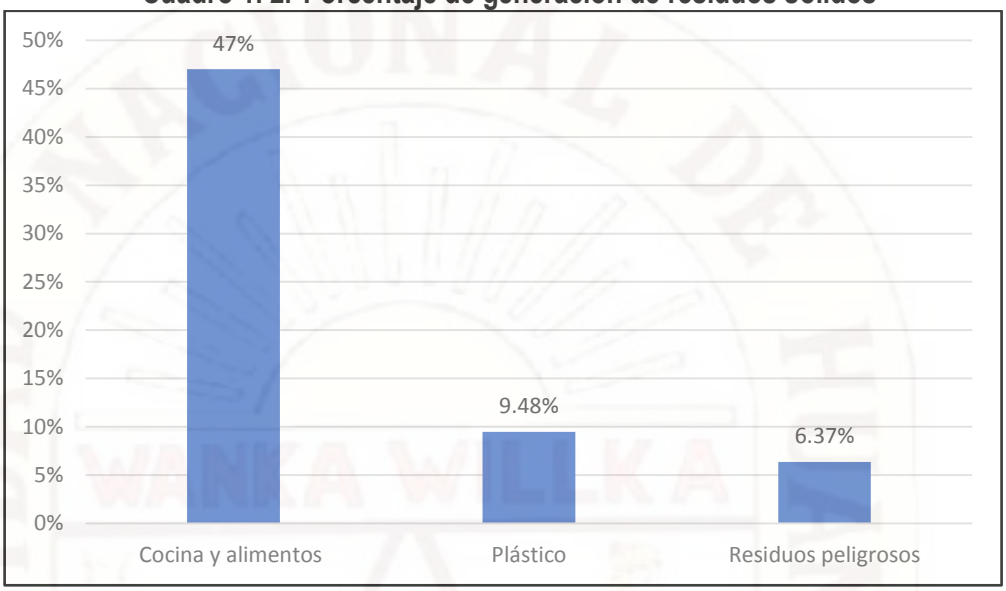
Los residuos sólidos son desechos orgánicos e inorgánicos que se generan tras el proceso de fabricación, transformación o utilización de bienes y servicios. Si estos residuos no se manejan adecuadamente, producen contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas.

De acuerdo al informe del estado actual de la gestión de los residuos sólidos municipales en el Perú (año 2010-2011), se generan por día 20.000 toneladas de ellos. Los habitantes de la costa son los que producen la mayor cantidad de basura en el Perú. Solo en Lima, donde se ubica la capital, en la que viven más de ocho millones de personas, se generan un promedio de 2,123,016 toneladas de residuos al año. Cada persona en promedio genera 0.61 kilos al día, lo cual supone un incremento significativo de los residuos sólidos.

Por su composición, estos residuos son, en mayor cantidad restos orgánicos, de cocina y alimentos (47%), plástico (9.48%) y residuos peligrosos (6.37%), es decir, aquellos residuos que representan riesgos para la salud de las personas, como relaves mineros y residuos industriales u hospitalarios.

Continúan en la lista, pero en menor proporción: papel, residuos de construcción, vidrio, cartón, fierro, madera y residuos electrónicos, entre otros[3].

Cuadro 1. 2. Porcentaje de generación de residuos sólidos



Fuente: estado actual de la gestión de los residuos sólidos municipales en el Perú (año 2010-2011)

1.1.3. Situación problemática a nivel local

Los residuos sólidos comprenden todos los desechos provenientes de las actividades humanas y animales, por lo tanto, se puede decir que los residuos sólidos son una consecuencia de la vida diaria de las personas, de modo que la proporción en la que esta aumenta afecta directamente la producción de residuos.

En el distrito de Pampas existe un municipio que, entre otras cosas, es la encargada de realizar el servicio de limpieza de las calles y el recojo de residuos sólidos, generada por la población general. Existen diversas fuentes de generación de residuos sólidos, ya sea la originada por los mercados, la originada por cada vivienda o poblador, un hecho que es necesario recalcar, es que debido a un mayor uso de elementos descartables origina una mayor

[3] http://www.redrrss.pe/material/20130104110940.pdf.

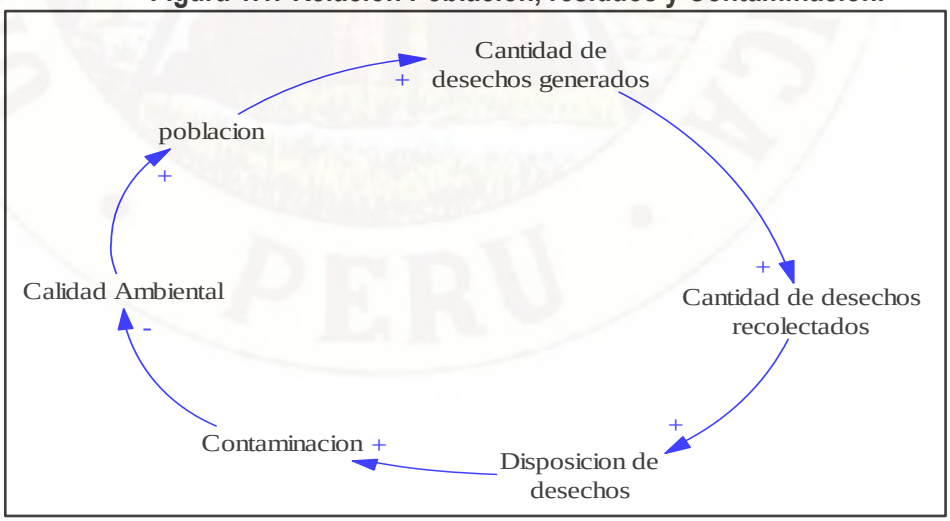
cantidad promedio de basura por poblador, ejemplo: vasos descartables, botellas descartables, cajas, etc.

También veremos la participación del municipio en la limpieza de las calles, básicamente originados por personas que no botan los desperdicios en lugares adecuados, ejemplo: Contenedores, papeleras, cilindros etc. La basura acumulada en las calles en forma de papeles y principalmente debido a los ambulantes y a las personas usuarias, en esto entra a tallar el nivel cultural de las personas. Una parte de esta basura es recogida por los trabajadores de la municipalidad, lo que significa un mayor desembolso de dinero.

El recojo de residuos sólidos está supeditado a la capacidad que tengan los camiones recolectores y la eficiencia de cada uno de estos. Además, un factor muy importante es la cantidad de renta con lo que dispone el municipio para pagar el servicio de recojo de los residuos sólidos.

En relación a esto, se debe considerar el hecho de que la producción, el manejo y la disposición final de los residuos generados por la población, ha dado paso el fortalecimiento de fenómenos ecológicos, como la contaminación del agua, el suelo y el aire. La relación existente entre estos elementos se puede observar en la figura.

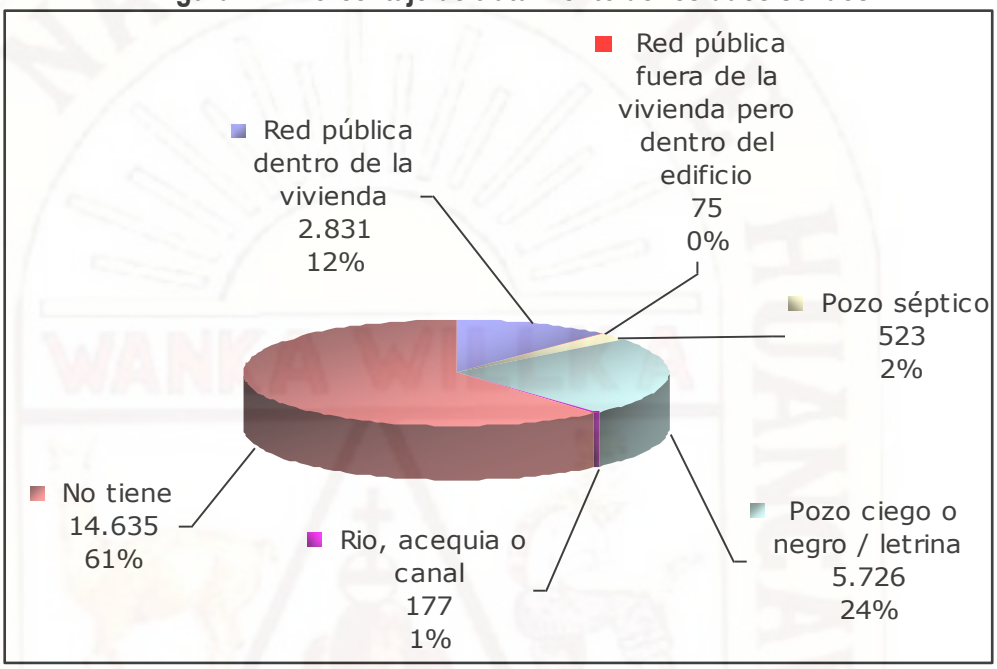
Figura 1.1. Relación Población, residuos y Contaminación.



Fuente: elaboración propia

La generación de residuos sólidos de origen domiciliario está íntimamente ligada al número de habitantes o pobladores que existen en la localidad a continuación presentamos el grafico que representa el porcentaje del tratamiento de los residuos sólidos en la provincia.

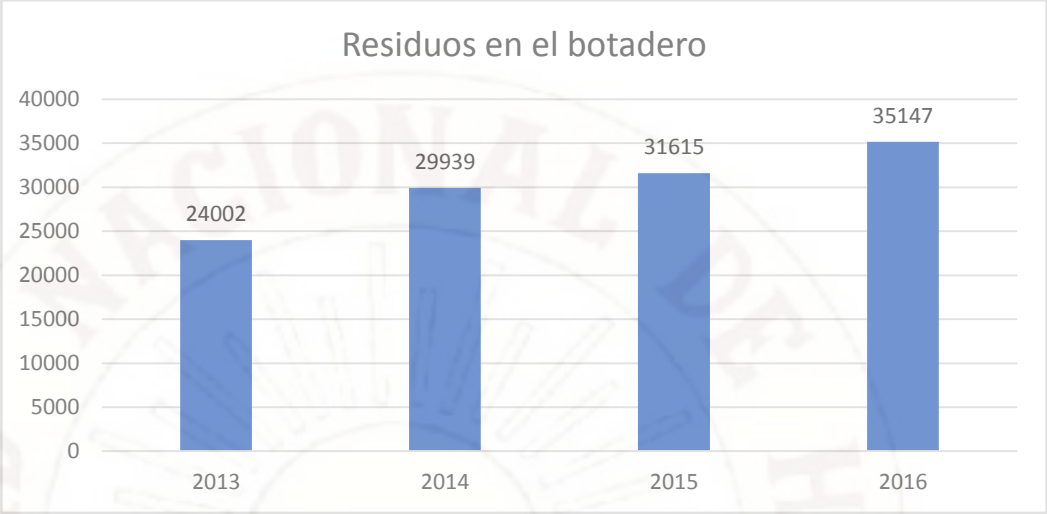
Figura 1.2. Porcentaje de tratamiento de residuos solidos



Fuente: Plan Desarrollo Concertado

En el siguiente cuadro se puede observar el crecimiento de acumulación de residuos sólidos en el botadero controlado municipal, en el año 2013 en el botadero se encontraba 24002 toneladas y para el año 2016 se ha incrementado hasta 35147 toneladas.

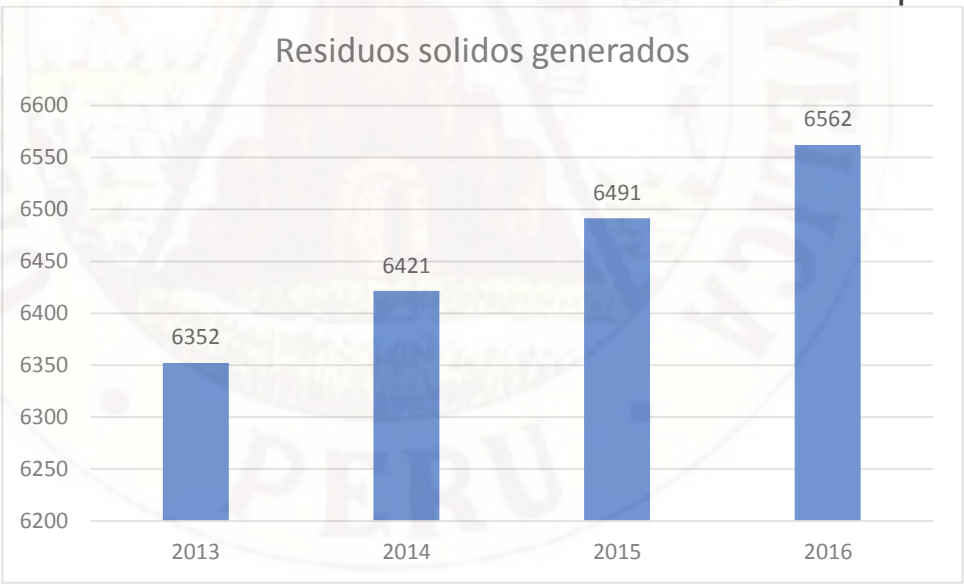
Cuadro 1. 3. Residuos sólidos en el botadero municipal de Pampas.



Fuente: Estudio de caracterización Pampas – 2016

Igualmente vemos en el cuadro siguiente la generación de residuos en la zona urbana del distrito de Pampas, donde el año 2913 la población generaba 6352 toneladas al año, pero esto para al 2016 ha ido incrementando llegando ser 6562 toneladas al año.

Cuadro 1. 4. Generación de residuos sólidos en la zona urbana de Pampas.



Fuente: Estudio de caracterización Pampas – 2016

El modelo prospectivo se va a realizar para poder determinar cuáles son los factores críticos que generan la acumulación de residuos sólidos y por qué la mayoría de las municipalidades distritales son deficientes en el manejo de Residuos Sólidos.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de contribución del modelo prospectivo con respecto del modelo actual en el manejo de los residuos sólidos en el distrito de Pampas?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de contribución del modelo actual en el manejo residuos sólidos en el distrito de Pampas?
- ¿Cuál es el nivel de contribución del modelo prospectivo en el manejo de los residuos sólidos en el distrito de Pampas?

1.3 Objetivo

1.3.1. Objetivo General

Determinar el nivel de contribución del modelo prospectivo con respecto del modelo actual en el manejo de los residuos sólidos en el distrito de Pampas.

1.3.2. Objetivo Específicos

- Identificar el nivel de contribución del modelo actual del en el manejo residuos sólidos en el distrito de Pampas.
- Determinar el nivel de contribución del modelo prospectivo en el manejo de los residuos sólidos en el distrito de Pampas.

1.4 Justificación

El impacto al medio ambiente generado por los residuos sólidos incrementa cada vez más con el paso del tiempo de manera muy acelerada, ante la inacción de los actores

de la sociedad, la falta de interés por parte de los gestores públicos sumado a la falta de recursos humanos y asignación de presupuesto mínimo a los proyectos sociales, por ello se realiza la siguiente investigación y posibles aportes desde el punto de vista teórico, práctico y metodológico:

1.1.1. Aporte teórico

El análisis de la contaminación ambiental aportará al entendimiento de la situación problemática del medio ambiente del Distrito de Pampas. Al respecto de esta situación problemática existe un sin número de investigaciones, la meta de la presente no es buscar una analogía con las existentes. Si no entender y marcar un punto de quiebre. Para ello emplearemos como instrumento, modelos utilizables y transferibles entre varios contextos científicos, toda vez que dicha extrapolación sea posible e integrable a las respectivas disciplinas.

1.1.2. Aporte practico

El presente proyecto de investigación se realizará en el distrito de Pampas, donde la generación de residuos sólidos cada vez más es muy latente, a pesar de que los gobiernos locales, en su afán de disminuir la acumulación de residuos sólidos, ejecutan una serie de estrategias articulados a distintos proyectos. A pesar de ello la problemática aún persiste, siendo las causas principales las siguientes: falta de cultura del cuidado del medio ambiental, escaza asignación presupuestara para proyectos sociales de parte de los gobiernos locales e incremento acelerado de la población.

1.1.3. Aporte metodológico

En esta investigación se utiliza la teoría de sistemas en dos pilares básicos: aportes semánticos y aportes metodológicos. La teoría de sistemas se muestra como un paradigma que debe tener en cuenta el hombre para utilizarlo en soluciones a problemas de las organizaciones, desde el punto de vista económico, científico, técnico/tecnológico y sociológico, así como también marca toda la

cosmovisión de los procesos para la toma de decisiones tan fundamental que en muchos aspectos han llevado a la grandeza, o por el contrario a la obsolescencia de las organizaciones. A cambio de practicar una visión reducida del mundo real, la teoría de sistemas plantea la necesidad de visualizarlo desde una perspectiva integral, con la finalidad, primero, de comprenderla adecuadamente y en segundo lugar, para que a partir de esa comprensión, pueda establecer un abordaje pertinente de la situación existente en busca de soluciones y planteamientos adecuados a cada situación concreta.

Y mediante la dinámica de Sistemas la que es la disciplina que nos permite a través de modelos analíticos, proporcionar un lenguaje conveniente que dimensione las interacciones de las partes y los elementos la situación problemática, para la solución a problemas, indicando un ciclo de retroalimentación negativa.

Capitulo II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Los estudios o investigaciones previos relacionados con el problema en estudio en el distrito de Pampas, no se realizaron a pesar de evidentes repercusiones en las actividades de salud y la economía de la región.

Pero, sin embargo, hay estudio de ámbito nacional e internacional que realizaron estudios relacionados con el sistema en estudio aplicando el Enfoque Sistémico:

En el artículo MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, cuyos autores Alejandrina Sáez y Joheni A. Urdaneta, Ingeniería industrial de la Universidad del Zulia Venezuela. En la que muestra aportes interesantes para desarrollo de esta investigación. En dicha revisión se detectaron similitudes en la manera como se manejan los residuos sólidos en la América Latina y el Caribe, observándose que el sistema se encuentra aún en estado incipiente para ser considerado como integral y sustentable. Para lograr mejoras en el manejo de residuos sólidos, en América Latina y el Caribe, se requiere voluntad por parte de los gobernantes, fuertes inversiones y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos.

En el estudio titulado “DINÁMICA DE SISTEMAS, UNA HERRAMIENTA PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN INGENIERÍA”; cuyos autores: Danny W. Ibarra Vega y Johan Manuel Redondo; en la que muestra el uso de modelos de simulación de Dinámica de Sistemas al problema de medio ambiente y utilización como una herramienta para la educación ambiental de estudiantes de ingeniería. Este artículo ayudara a la investigación que se pretende desarrollar, a poder plantear unas medidas de mejora a la situación problemática.

El proyecto titulado “MODELO SISTÉMICO EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE HUANCAYO - PERÚ”; cuyos autores Anieval Peña y Freddy Rojas, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina. Donde se concluye que la sensibilización informativa y funcional que permita la segregación de los residuos en el origen, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos en los rellenos sanitarios y en los costos asociados a la producción, recolección y disposición de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana de Huancayo.

El proyecto titulado “MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL, DISTRITO DE PAMPAS - TAYACAJA - HUANCAVELICA”; realizado por la Municipalidad de Provincial de Tayacaja. En la que muestran el interés de mejorar la inadecuada gestión de residuos sólidos que ocasiona un deficiente servicio de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos generados por la población. Este proyecto aportara al presente estudio con información directa para poder diseñar el modelo prospectivo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Contaminación ambiental

El aumento de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día, más problemas al medio ambiente conocidos como contaminación ambiental. Ésta consiste en la presencia de sustancias (residuos sólidos, pesticidas, aguas sucias) extrañas de origen humano en el medio ambiente, ocasionando alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas.

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la

naturaleza.

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales) o bien debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) que conforman las actividades de la vida diaria.

Figura 2.1. Diagrama de percepción de la situación problemática

Fuente: elaboración propia

La contaminación ambiental se manifiesta de diversas formas:

La contaminación del aire o atmosférica: Es la perturbación de la calidad y composición de la atmósfera por sustancias extrañas a su constitución normal. Se produce por los humos (vehículos e industrias), aerosoles, polvo, ruidos, malos olores, radiación atómica, etc.

La contaminación del agua: Es causada por el vertimiento de aguas servidas o negras (urbanos e industriales), de relaves mineros, de petróleo, de abonos, de pesticidas (insecticidas, herbicidas y similares), de detergentes y otros productos.

La contaminación del suelo: Es causada por los pesticidas, los abonos sintéticos, el petróleo y sus derivados, las basuras, etc.

La contaminación de los alimentos: Consiste en la presencia en los alimentos de sustancias riesgosas o tóxicas para la salud de los consumidores y es ocasionada durante la producción, el manipuleo, el transporte, la industrialización y el consumo. Afecta a los alimentos y es originada por productos químicos (pesticidas y otros) o biológicos (agentes patógenos).

La contaminación agrícola: Es originada por desechos sólidos, líquidos o gaseosos de las actividades agropecuarias. Pertenecen a este grupo los plaguicidas, los fertilizantes los desechos de establos, la erosión, el polvo del arado, el estiércol y otros.

La contaminación electromagnética: Se conoce también como contaminación ergo magnética. Es originada por la emisión de ondas de radiofrecuencia y de microondas por la tecnología moderna, como radares, televisión, radioemisoras, redes eléctricas de alta tensión y las telecomunicaciones.

La contaminación sensorial: es la agresión a los sentidos por los ruidos, las vibraciones, los malos olores, la alteración del paisaje y el deslumbramiento por luces intensas. La contaminación sónica es un tipo de contaminación sensorial, se refiere a la producción intensiva de sonidos en determinada zona habitada y que es causa de una serie de molestias (falta de concentración, perturbaciones del trabajo, del descanso, del sueño).

2.2.2. Definición y Características de los Residuos

Entendemos por residuo aquel producto, material o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado no tiene valor para quien lo posee y por ello se desecha y se tira.

La progresiva y cada vez mayor generación de residuos, cada vez más diversos, ocasiona unos problemas en el medio ambiente también cada vez mayores y diversos.

2.2.3. Dinámica de sistemas

a. Modelos mentales

Son los elementos esenciales en el pensamiento sistémico, ya que recogen los componentes importantes del funcionamiento de un sistema, el cual no está formalizado o documentado. Debido a que los elementos o componentes de la realidad se encuentran a nuestro alrededor y no en muestro cerebro.

b. Imagen mental

Son el resultado de experiencias y observaciones de los sistemas reales.

c. Modelos formales o matemáticos

Representan la realidad en forma abstracta de muy diversas maneras. Programables en un ordenador, están enunciados de una manera explícita.

d. Modelos de dinámica de sistemas

Es más explícito que un modelo mental y, por lo tanto, puede ser comunicado sin ambigüedad.

Las hipótesis sobre las que se ha montado el modelo, así como las interrelaciones entre los elementos que lo forman, aparecen con toda claridad en el mismo, y son susceptibles de discusión y revisión.

e. Modelos de la realidad

Al observar y analizar una determinada situación social, el observador constituirá el objeto observado mediante una representación. Tal representación no es otra cosa que un modelo de la realidad bajo análisis. Es importante señalar la diferencia existente entre dos clases de modelos, **los modelos de predicción** pretenden suministrar datos precisos acerca de la situación futura del sistema modelado. Por otra parte, **los modelos de gestión** pretenden básicamente establecer que "la alternativa x es mejor que la alternativa y"; en estos modelos no existe necesidad de tanta precisión ya que las comparaciones son igualmente útiles. La dinámica de sistemas elabora modelos de esta segunda clase.

f. Metodología de la dinámica de sistemas

Es una metodología para estudiar y manejar la complejidad de los sistemas que se retroalimentan con los resultados de sus acciones, como sucede por ej. En los negocios. Aquí la característica principal es la retroalimentación.

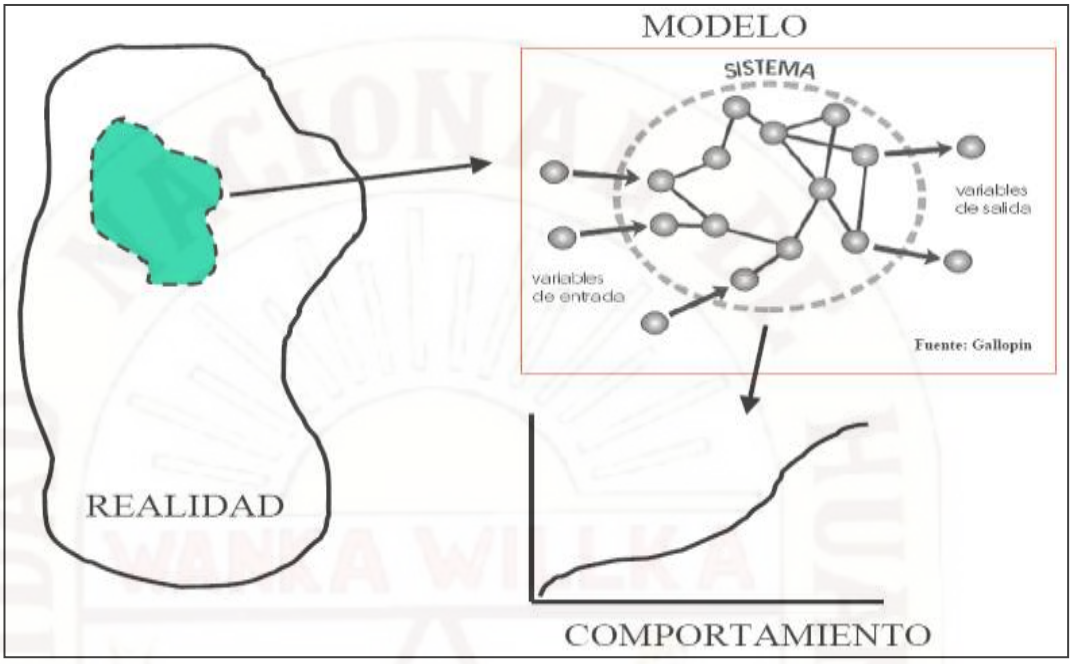
Es un enfoque para interpretar la realidad y útil para abordar los problemas que se plantean en este inicio de milenio como el hambre, pobreza, degradación ambiental, guerras, ... ya que no parece que avancemos gran cosa con las formas tradicionales de enfocar estos problemas.

El objetivo básico de la dinámica de sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema.

La dinámica de sistemas permite la construcción de modelos tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema. Este análisis permite extraer la lógica interna del modelo, y con ello intentar un conocimiento de la evolución a largo plazo del sistema. Debe notarse que en este caso el ajuste del modelo a los datos históricos ocupa un lugar secundario, siendo

el análisis de la lógica interna y de las relaciones estructurales en el modelo los puntos fundamentales de la construcción del mismo.

Figura 2.2. Cuadro de proceso de modelado mediante la dinámica de sistemas.



Fuente: Elaboración propia

Esta metodología utiliza distintos pasos para construir modelos de simulación que han de permitir decidir cuál de varias propuestas es más eficaz para solucionar el problema planteado:

- **Identificar el problema**

  En primer lugar, hay que identificar el problema con claridad, y describir los objetivos del estudio con precisión.

- **Definir el sistema y su frontera**

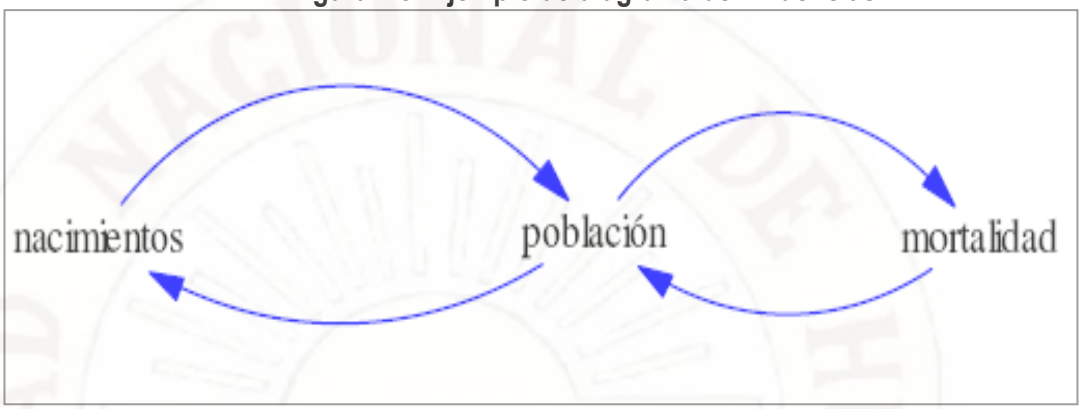
  Los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema, y sólo estos, formarán el sistema que vamos a estudiar. La frontera, incluirá en nuestro estudio los aquellos elementos que tienen una influencia razonable en el comportamiento del sistema.

- **Construir de diagrama influencias**

  En esta fase se trata de acometer dicho estudio, definiendo los distintos elementos que integran la descripción, así como las

influencias que se producen entre ellos y su posterior conversión al diagrama de influencias (forrester).

Figura 2.3. Ejemplo de diagrama de influencias

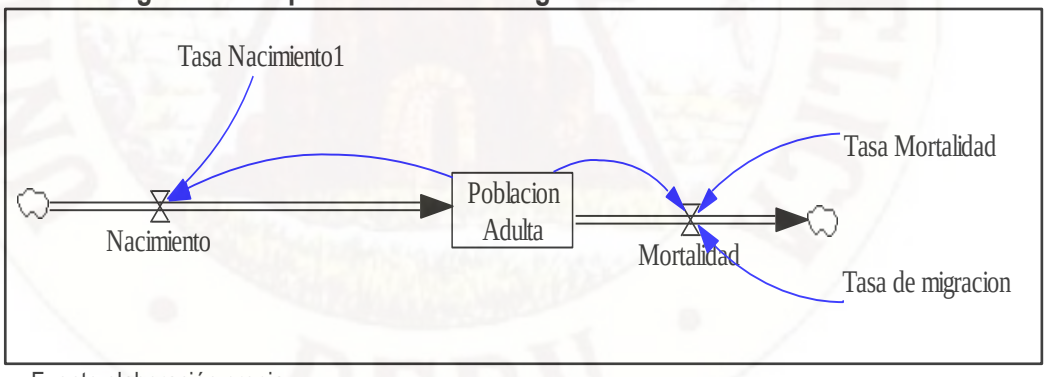


Fuente elaboración propia

- **Construcción de diagrama de forrester**

  Es una traducción del Diagrama Causal a una terminología que permite la escritura de las ecuaciones en el ordenador para así poder validar el modelo, observar la evolución temporal de las variables y hacer análisis de sensibilidad.

Figura 2.4. Representación de diagrama de forrester con software Vensim

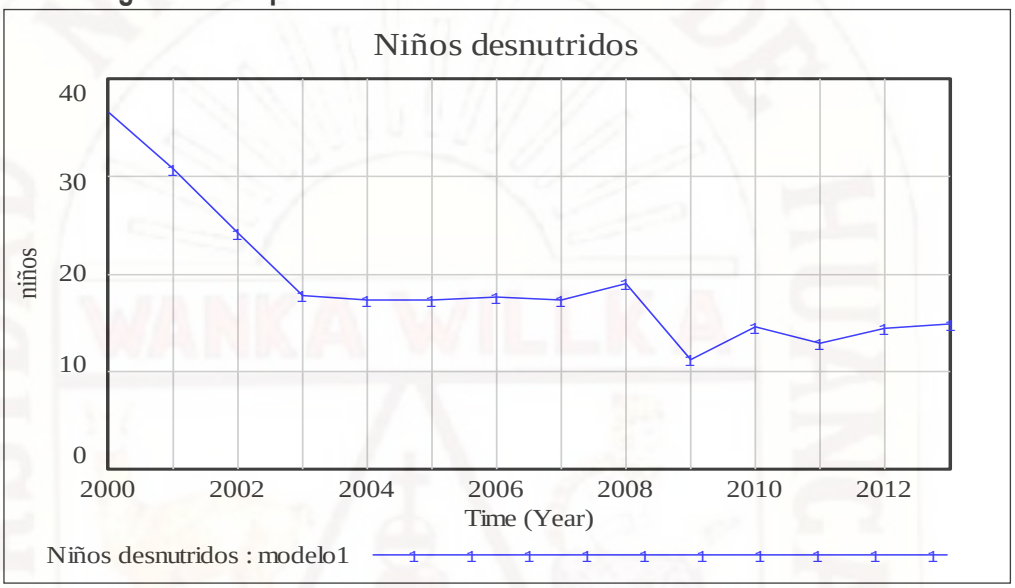


Fuente elaboración propia

- **Simulación de comportamiento del modelo**

  Esta cuarta fase consiste en la simulación informática del modelo para determinar las trayectorias que genera y efectuar una comparación del modelo y la realidad.

Figura 2.5. Representación de modelo de simulación con software Vensim



Fuente elaboración propia

- **Evaluación del modelo**

  En esta fase se somete el modelo a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad.

  Estos análisis son muy variados y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad

- **Explotación del modelo**

  Por último, una vez que el modelo ofrezca una salida coherente con el pasado y la situación actual, podremos simular el impacto de las

políticas o decisiones que nos llevarán a la solución del problema planteado.

Las políticas alternativas se definen normalmente mediante escenarios que representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

2.2.4. Prospectiva aplicando la Dinámica de Sistemas como herramienta de estudio

Disciplina que identifica las diferentes alternativas de futuro de un sistema bajo análisis, para ayudar a los actores sociales (Estado, Empresarios, Trabajadores, Académicos y Sociedad Civil) a elegir la mejor de ellas y comenzar a construirla desde ahora.

Prever es intentar situarse en una posición adecuada ante posibles hechos que puedan acaecer próximamente.

Por otra parte, la Prospectiva juega un papel significativo en la toma de decisiones. Entre los papeles que desempeña, pueden, a su vez, señalarse los siguientes:

- Identifica los límites que no pueden ser sobrepasados.
- Establece una velocidad de progreso adecuada, impidiendo que se demanden velocidades imposibles de conseguir.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

El modelo prospectivo contribuye en un porcentaje mayor con respecto del modelo actual en el manejo de los residuos sólidos en el distrito de Pampas.

2.3.2. Hipótesis especifico

- El modelo actual contribuye relativamente en el manejo de residuos sólidos en el distrito de Pampas.
- El modelo prospectivo contribuye positivamente en el manejo de los residuos sólidos en el distrito de Pampas.

2.4. Definición de Términos

2.4.1. Prospectiva

Disciplina que identifica las diferentes alternativas de futuro de un sistema bajo análisis, para ayudar a los actores sociales (Estado, Empresarios, Trabajadores, Académicos y Sociedad Civil) a elegir la mejor de ellas y comenzar a construirla desde ahora.

2.4.2. Residuos sólidos

Para Montes (2009: 20), los residuos sólidos pueden ser definidos como "aquellos materiales orgánicos o inorgánicos de naturaleza compacta, que han sido desechados luego de consumir su parte vital". Asimismo, explica que "el concepto de residuo sólido es un concepto dinámico que evoluciona paralelamente al desarrollo económico y productivo".

Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, desechados por su generador. Se entiende por generador a aquella persona que en razón de sus actividades produce residuos sólidos5[4]. Suele considerarse que carecen de valor económico, y se les conoce coloquialmente como "basura".

[4] Cf. Artículo 14° de la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos.

2.4.3. Sistema

Un conjunto de elementos independientes con interacciones estables entre sí. El primer paso para comprender el comportamiento de un sistema será lógicamente definir los elementos que intervienen en el mismo y las posibles interrelaciones que existen entre ellos. El dicho aristotélico de que el todo es más que sus partes cobra aquí un especial significado.

2.4.4. Límites del sistema

Límites que delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el problema estudiado. Los elementos que afectan y a su vez son afectados por el sistema se consideran en el interior de los límites, mientras que aquellos que sólo afectan o se ven afectados se consideran fuera de los límites.

2.4.5. Modelo

Es una representación formal que incluye aquellos elementos de la realidad que considera esenciales desde la perspectiva del observador y a los efectos de la observación

2.4.6. Diagrama causal

El Diagrama causal es un diagrama que recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos.

2.4.7. Retroalimentación

Una cadena cerrada de relaciones causales recibe el nombre de bucle, retroalimentación o feedback.

2.4.8. Escenario

Representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

2.4.9. Simulación

Proceso mediante el cual se implanta en un computador un modelo matemático de un cierto aspecto de la realidad.

2.4.10. Análisis sensibilidad

Permiten determinar cuáles son los factores que más influyen en el comportamiento del modelo.

2.4.11. Estructura

Forma en que los elementos de un sistema se encuentran organizados o interrelacionados. La estructura se representa mediante el diagrama de influencias o causal.

2.4.12. Flujo

Variable que representa el cambio que sufre una determinada magnitud por unidad de tiempo. En los modelos de dinámica de sistemas se asocian a cada variable de nivel una o varias variables de flujo.

2.4.13. Nivel

Variable que corresponde a un proceso de acumulación en la dinámica de un sistema. Este proceso se realiza mediante las variables de flujo.

2.4.14. Distribución de probabilidad

Las tablas o gráficas donde se coloca los distintos valores de “x” y sus probabilidades asociadas, e inclusive construir fórmulas que permitan vincular el valor y su probabilidad. Se conocen como distribución de probabilidad.

2.5. Identificación de Variables

Las variables dependientes e independientes se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 3. 1. Identificación de variables dependientes e independientes

Dependiente	Independiente
Manejo de residuos sólidos	Modelo prospectivo

Fuente: elaboración propia

2.6. Definición Operativa de Variables e indicadores

Cuadro 3. 2. Variables e indicadores

Variables	Indicadores
Dependiente: Manejo de los residuos sólidos	• Tasa de generación de residuos solidos
	• Tasa de residuos sólidos recolectados
	• Tasa de crecimiento población
	• Frecuencia de recolección
	• Tasa de ingresos mensuales
	• N° personal de servicios
Modelo prospectivo	• % población sensibilizada en el manejo adecuado de residuos sólidos. • % población que segrega los residuos solidos
	• % de residuos sólidos reutilizados y comercializados
	• % ingresos por segregación
	• % incremento de presupuesto.

Capitulo III. Metodología de la Investigación

3.1. Ámbito de estudio

El presente proyecto se elaboró en el Distrito de Pampas de la provincia de Tayacaja de la Región de Huancavelica durante el año 2017, la población que se trabaja es de 4,549 habitantes de la zona urbana, la información fue brindada por la oficina de Administración de Medio Ambiente de la Municipalidad de Provincial de Tayacaja.

3.2. Tipo de Investigación

La investigación es tipo **aplicada**: esta se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad[5]. Las mismas prácticas se va realizar durante el horizonte de investigación del presente proyecto.

3.3. Nivel de Investigación

La presente investigación por su naturaleza de complejidad se enmarca dentro de los siguientes niveles de investigación explicativa.

- **Explicativo.** Relacionada con el conocimiento de las causas del fenómeno[6], producto del cual se propone un modelo de simulación bajo la dinámica de sistemas.
- **Descriptivo.** Consiste describir situaciones, buscando las características o propiedades importantes de personas o cualquier situación sometido bajo análisis.

[5] Murillo (2008), la investigación aplicada
[6] Javier Aracil Introducción a la Dinámica de Sistemas pp. 10

La investigación descriptiva mide de manera independiente los variables, esto se centra en medir variables en forma independiente.

3.4. Método de Investigación

3.4.1. Métodos generales.

Los métodos generales que regulará todo el proceso de investigación será el Método científico y la metodología sistémica, cuyos procedimientos son: identificación del problema selección y revisión bibliográfica y hemerografia, construcción de bases teóricas, formulación y construcción de hipótesis, análisis y discusión de resultados y comunicación de resultados de la investigación.

Por su naturaliza de complejidad por ser de ámbito social será estudiada desde el punto de vista sistémico, donde la problemática (pobreza socioeconómica) será visto como un sistema (todo/holista); como menciona Javier Aracil, "para el estudio de un sistema, tan importante es el análisis (establecer las partes que lo forman) y la síntesis (Para comprender su comportamiento necesitamos saber cómo se integran; cuáles son los mecanismos mediante los que se produce su coordinación.)"[7].

3.4.2. Métodos particulares.

Los métodos o metodologías particulares que se utilizarán en el desarrollo teórico practico de la investigación será, la Dinámica de Sistemas que nos permitirá construir modelos de simulación dinámica para comprender el comportamiento de la situación problemática y determinar acciones de mejora. Para ello Javier Aracil y Francisco Gordillo considera la Dinámica de Sistemas, "un método para el estudio del comportamiento de sistemas mediante la

[7] Javier Aracil, "Introducción a la Dinámica de Sistemas", 1995: pág. 11.

construcción de un modelo de simulación informática que ponga de manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su comportamiento"[8].

3.5. Diseño de Investigación

El diseño que se va adoptar para responder la problemática planteado es mediante proceso de modelado de la dinámica de sistemas donde la hipótesis va ser probada mediante un modelo de simulación con la manipulación y control de variables cuantitativas y cualitativas, así sometiendo a una serie de análisis para evaluar su validez y calidad del modelo[9].

3.6. Población, Muestra, Muestreo

2.6.1. Población

La población de la presente investigación estará formada por 4549 habitantes del Distrito de Pampas, formado por toda la población de zona urbana del distrito.

2.6.2. Muestra

Por ser un estudio de enfoque sistémico de ámbito social por naturaliza, complejo; para este estudio, **la muestra es de tipo censal** por lo que se considera toda la población de la zona urbana del Distrito de Pampas como el tamaño de muestra del presente estudio. Tamaño de muestra = 4549 habitantes

2.6.3. Tipo de muestreo

El muestreo para obtener la muestra del presente proyecto de investigación es de tipo intencional o directa.

3.7. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

[8] Javier Aracil y Francisco Gordillo; "Dinámica de Sistemas", 1997: pág. 11
[9] Javier Aracil Introducción a la Dinámica de Sistemas pp. 57-58

Las técnicas e instrumentos para obtener datos para la presente investigación son:

El análisis documental, utilizando las bases de datos del Sistema del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Encuesta en la modalidad de entrevista aplicado a los involucrados como; a los profesionales de salud, educación, la población y a las autoridades involucradas.

Cuadro 4. 1. Instrumentos de recolección de datos

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Sistema del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)	Test
Encuestas y Entrevistas	Cuestionario

Fuente: elaboración propia

3.8. Procedimiento de Recolección de Datos

- Flujo de residuos sólidos por habitantes
- Flujo de residuos sólidos por instituciones públicas y privadas
- Registro de datos en el Sistema de Información
- Procesar la información
- Obtención de reportes mensuales y anuales de la acumulación de residuos solidos

3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos a través de la Dinámica de sistemas

Presente investigación se hará manipulación de variables de aspectos cualitativos y cuantitativos en un modelo dinámico formal o validado, la cual incluye las siguientes fases principales[10]:

- Fase de conceptualización

  En esta fase se inicia con una familiarización con la problemática que se va estudiar, y definir los aspectos del problema que se quiere mejorar y describirlos en forma precisa y clara. En resumen, se construye el diagrama de influencias.

[10] Javier Aracil y Francisco Gordillo; Dinámica de Sistemas pp. 107-114

- Fase de formulación

  Esta fase consiste en establecimiento de diagrama forrester en un computador, a partir del cual se escriben las ecuaciones del modelo asignando valores a los parámetros que intervienen en el modelo.

- Fase de evaluación

  En esta fase se procede a ensayar con el modelo construido en fase anterior, por medio de simulaciones para evaluar su validez y calidad. Para ello se incluye el análisis de sensibilidad que permita determinar la sensibilidad del modelo que resulta difícil de comprender.

  Este análisis sensibilidad aporta un instrumento para alcanzar una mejor comprensión sobre cuáles son los puntos de actuación en los que se pueden producir efectos más considerables.

  La forma más simple de realizar el análisis consiste en modificar los valores numéricos de cada uno de sus parámetros.

  Un modelo es insensible a las variaciones de los parámetros, si variaciones razonables de ellos no afectan sensiblemente a las conclusiones que se extraen del mismo.

- Fase de explotación

  En esta última fase el modelo se emplea para analizar los distintos modos de comportamiento de las políticas alternativas que pueden aplicarse a la problemática que se está estudiando.

Capitulo IV. Resultados

4.1. Análisis de estrategias actuales del manejo de residuos solidos

En el Perú existen diversos programas sociales públicos y privados que se han planteado atender los problemas relacionados con residuos sólidos.

En la actualidad no podemos decir que existe en el Perú una adecuada gestión de los servicios de residuos sólidos a nivel municipal. Ello tiene consecuencias importantes en la vigencia de los derechos fundamentales de la población principalmente en el derecho a un medio ambiente adecuado y a la salud.

Donde la asociación entre gestión ineficiente en materia de residuos y deterioro del medio ambiente es clara: los residuos sólidos que no son tratados adecuadamente pueden terminar contaminando al medio ambiente, principalmente producto de su descomposición o por su disposición en lugares indebidos.

Para lo cual el estado peruano mediante el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) —en el marco de la Ley N° 29325 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, modificada por la Ley N° 30011— está facultado para ejercer la fiscalización ambiental en los subsectores de su competencia, la cual comprende las funciones de evaluación, supervisión, fiscalización y sanción, destinadas a asegurar el cumplimiento de las obligaciones ambientales de sus administrados, así como el régimen de incentivos de buenas prácticas ambientales.

4.1.1. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

El ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), ejerce las funciones normativa y supervisora de Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) de ámbito nacional, regional y local. A través de esta última, el OEFA realiza supervisiones a las municipalidades provinciales y distritales para verificar el debido cumplimiento de sus funciones en materia de fiscalización ambiental.

- **Clasificación**

  La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, los residuos sólidos pueden ser categorizados de distintas maneras, atendiendo a criterios como el origen de los mismos, por el tipo de manejo que se les da y por el tipo de descomposición que estos tienen.

Cuadro 4. 1. Estrategia de clasificación de residuos solidos

CRITERIOS DE CLASIFICACION	TIPOS DE RESIDUOS
Por su origen	Residuos domiciliarios
	Residuos comerciales
	Residuos de limpieza de espacios públicos
	Residuos de los establecimientos de atención de salud y centros médicos de apoyo
	Residuos industriales
	Residuos de las actividades de construcción
	Residuos agropecuarios
	Residuos de instalaciones o actividades especiales
Por su peligrosidad	Residuos peligrosos y no peligrosos
En función a su gestión	Residuos de gestión municipal
	Residuos de gestión no municipal
Por su naturaleza	Orgánicos
	Inorgánicos

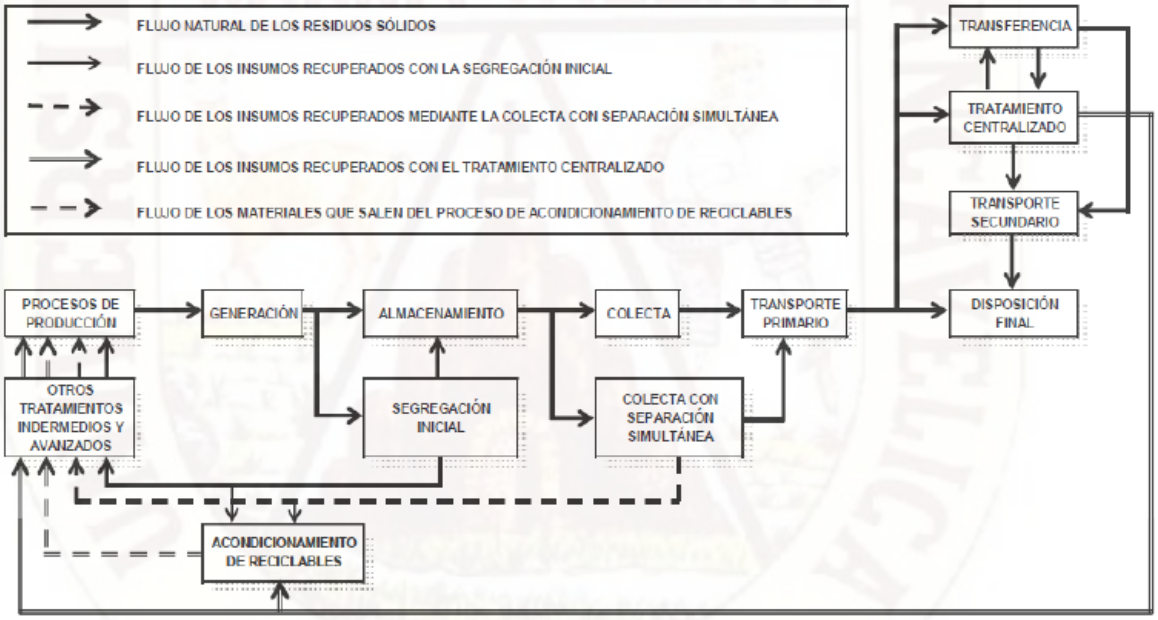
Fuente: adaptable en base a KIELY G. Ingeniería Industrial Fundamentos. Entornos tecnologías y sistemas de gestión, edición en español – Colombia 1995. Adaptado por la Defensoría del pueblo 2007.

- **Proceso de manejo de residuos solidos**

  La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos exige que los residuos sólidos sean manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos
- Segregación en la fuente
- Reaprovechamiento
- Almacenamiento
- Recolección
- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Transferencia
- Disposición final

Cuadro 4. 2. Procesos del manejo de residuos sólidos



Fuente: la Defensoría del pueblo - 2007

4.1.2. Competencias de gobiernos locales en materia ambiental

Las municipalidades son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generan residuos similares a estos, en todo el ámbito de su jurisdicción territorial. Asimismo, en coordinación con las autoridades del sector salud, deben evaluar e identificar los

espacios adecuados para implementar rellenos sanitarios, que son las infraestructuras autorizadas para la disposición final de residuos sólidos municipales.

La Ley Orgánica de Municipalidades complementa las atribuciones en materia ambiental, en el título preliminar encontramos el articulo X, el cual prescribe que los gobiernos locales "promueven el desarrollo integral, para viabilizar el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental". Asimismo, La LOM prescribe en su artículo 73 que los gobiernos locales coordinan con los diversos niveles de gobierno la correcta aplicación de los instrumentos de planeamiento y gestión ambiental. Este artículo se complementa con el artículo 24.2 de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, el cual señala que los gobiernos locales deben implementar el sistema local de gestión ambiental.

Existen hasta cuatro niveles en el Sistema Municipal de Gestión Ambiental que aprueban, coordinan, proponen y ejecutan acciones y políticas de acuerdo a las competencias que le han sido asignadas por ley. Así, tenemos que el municipio es el ente rector de este Sistema, y el que en última instancia aprueba (a través de su concejo) y reglamenta (a través de la alcaldía), las políticas y normas en materia ambiental. Un resumen de las instituciones ambientales a nivel local se encuentra en el siguiente gráfico:

Cuadro 4. 3. Institucionalidad Ambiental Municipal en el Perú

Fuente: (Lanegra 2010: 8)

La Ley Orgánica de Municipalidades establece que el nivel de gobierno local, dependiendo del ámbito provincial o distrital, según corresponda, tiene las siguientes competencias exclusivas:

- Protección y conservación del ambiente
- Formular, aprobar, ejecutar y monitorear los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.
- Proponer la creación de áreas de conservación ambiental.
- Promover la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivar la participación ciudadana en todos sus niveles.
- Participar y apoyar las comisiones ambientales regionales en el cumplimiento de sus funciones.
- Coordinar con los diversos niveles de gobierno, nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento

y de gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental".

4.1.2.1. Análisis de la gestión de residuos sólidos de ámbito municipal

Un análisis rápido sobre los resultados del tercer informe sobre gestión de residuos sólidos, nos permite señalar que en muchos casos nos encontramos ante una situación tan precaria respecto de la prestación de los principales servicios relacionados a la gestión.

El medio urbano genera aproximadamente el 69 % de total de residuos sólidos en el país, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos, conocida como EVAL 2002 (Defensoría del Pueblo 2003). Esto implica que las municipalidades se constituyen como las instituciones con más relevancia en la gestión de residuos, por lo menos hablando de la magnitud de residuos que tienen que gestionar.

a. Fases de gestión de residuos sólidos

Planificación

La obligación más elemental que tiene toda municipalidad respecto a la gestión de desechos en su localidad es la de contar con un Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS), instrumento que incluye las políticas, objetivos y programas municipales en esta materia. Así, podemos definir a los PIGARS como un elemento fundamental de la gestión de residuos sólidos en cada localidad, el cual es una exigencia formal exigida por ley.

Financiamiento de servicios

Uno de los pasos fundamentales para el aseguramiento de la prestación de los servicios de residuos sólidos es el financiamiento. Esto se da principalmente a través de cinco modalidades: la recaudación de impuestos municipales, las contribuciones y tasas, los tributos nacionales creados a favor de las municipalidades como el Foncomun, la participación de la recaudación de otros tributos a favor de las municipalidades y otras formas de financiamiento, como el canon.

Prestación de los servicios de residuos sólidos

La municipalidad distrital es la encargada principal del cumplimiento de fases trascendentales en la gestión de residuos sólidos como la limpieza, la recolección y el transporte de residuos sólidos.

b. Componentes de desempeño de gobiernos municipales

Durante el año 2015, se realizaron supervisiones regulares a 193 (99%) de las 195 municipalidades provinciales existentes a nivel nacional[11]. En el desarrollo de estas supervisiones, se ha revisado información respecto de la gestión de los residuos sólidos municipales, específicamente en lo referido a los instrumentos de gestión de residuos sólidos con los que cuenta la entidad de fiscalización ambiental (EFA) y sobre los sistemas de disposición final de residuos sólidos.

La asignación de valores se determinó tal como se establece en el cuadro siguiente:

[11] Las supervisiones a las municipalidades provinciales de Huamalíes del departamento de Huánuco y Caylloma del departamento de Arequipa no se realizaron por diversas causas: factores climáticos, entre otras razones.

Cuadro 4. 4. Ponderación de componentes

Aspectos	Componentes	Descripción	Pt. máx.
Gestión	Componente I	Estudio de caracterización de residuos solidos	**2.5**
	Componente II	Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos (Pigars)	**2.5**
	Componente III	Programa de segregación en la fuente	**2.5**
	Componente IV	Formalización de recicladores	**2.5**
	Componente V	Reporte de la gestión y manejo de residuos sólidos en el Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol)	**2.5**
	Componente VI	Plan de cierre y recuperación de botaderos	**5**
	Componente VII	Equipo técnico en Residuos Sólidos	**5**
	Componente VIII	Promoción de buenas prácticas	**5**
Manejo	Componente IX	Relleno sanitario	**15**
	Componente X	Instrumentos formales para brindar el servicio de limpieza pública	**5**
	Componente XI	Planta de Tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos	**15**
	Componente XII	Procedimiento para autorizar y fiscalizar las rutas de transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción	**5**
	Componente XIII	Manejo y segregación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	**5**
	Componente XIV	Identificación y erradicación de inadecuada disposición de residuos sólidos en lugares no autorizados (puntos críticos)	**15**
	Componente XV	Escombreras	**10**
TOTAL			**100**

Fuente: OEFA

4.1.3. Impactos de estrategias actuales en la gestión y manejo de residuos sólidos.

Los impactos de las estrategias actuales podemos determinar mediante los resultados estadísticos o logros con el desempeño de los gobiernos municipales, los cuales detallamos a continuación:

- **Los resultados de supervisión del desempeño de las municipalidades provinciales del departamento de Huancavelica por componentes**[12]

  Las supervisiones fueron realizadas en las fechas de mes de agosto a setiembre del año 2015.

  Componente 1: Estudio de caracterización.

  El 86% donde 6 de las 7 municipalidades provinciales cuenta con un estudio de caracterización de residuos sólidos.

  Componente 2: Pigars
  El 86% (6/7) de las municipalidades provinciales del departamento de Huancavelica cuenta con Pigars aprobados y cuya implementación se encuentra en desarrollo.

  Componente 3: Programa de segregación en la fuente

  De las municipalidades provinciales supervisadas, el 43% (3/7) fomenta este tipo de programas en la población.

  Componente 4: Reporte de ficha Sigersol.

  El 86% (6/7) de las municipalidades supervisadas cumplió con reportar el manejo de los residuos sólidos realizado en su jurisdicción durante el año 2014 en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos que administra el Minam.

  Componente 5: Programa de formalización de recicladores.

[12] Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de gestión municipal provincial 2014 - 2015

El 14% (1/7) de las municipalidades provinciales supervisadas en el departamento de Huancavelica promueve la formalización de los recicladores en el distrito.

Componente 6: Plan de cierre y recuperación de botaderos

Ninguna de las municipalidades provinciales supervisadas cuenta con planes de cierre y clausura de sus botaderos.

Componente 7: Equipo técnico en Residuos Sólidos.

El 57% (4/7) de las municipalidades provinciales supervisadas, cuentan con personal técnico especializado en temas ambientales y de residuos sólidos.

Componente 8: Promoción de buenas prácticas.

Ninguna de las municipalidades provinciales supervisadas promueve e incentiva las buenas prácticas ambientales.

Componente 9: Relleno sanitario

Todas las municipalidades provinciales del departamento de Huancavelica utilizan los botaderos para la disposición final de residuos sólidos.

Las municipalidades provinciales de Tayacaja, Castrovirreyna y Angaraes realizan la disposición final de residuos sólidos en lugares no autorizados, pero observan los requisitos técnicos para prevenir la generación de daños al ambiente y a la salud de las personas. En estos casos, se ha otorgado un puntaje nulo (cero puntos), debido a que no cumplen con los requisitos formales.

Componente 10: Instrumentos formales para brindar el servicio de limpieza pública.

El 71% (5/7) de las municipalidades provinciales supervisadas cuentan con los instrumentos formales para brindar el servicio de limpieza pública.

Componente 11: Planta de tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.

Ninguna de las municipalidades cuenta con una Planta de tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos aprobado por Digesa. Sin embargo, el 43% (3/7) realiza el tratamiento y reaprovechamiento de este tipo de residuos a través de la producción de compost y segregación de residuos reciclables, entre otros.

Componente 12: Procedimiento para autorizar y fiscalizar rutas de transporte de residuos peligrosos.

Ninguna de las municipalidades provinciales supervisadas cuenta con procedimiento para autorizar y fiscalizar las rutas de transporte de residuos peligrosos.

Componente 13: Manejo y segregación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

El 14% (1/7) de las municipalidades provinciales supervisadas promueve el manejo y la segregación de los RAEE.

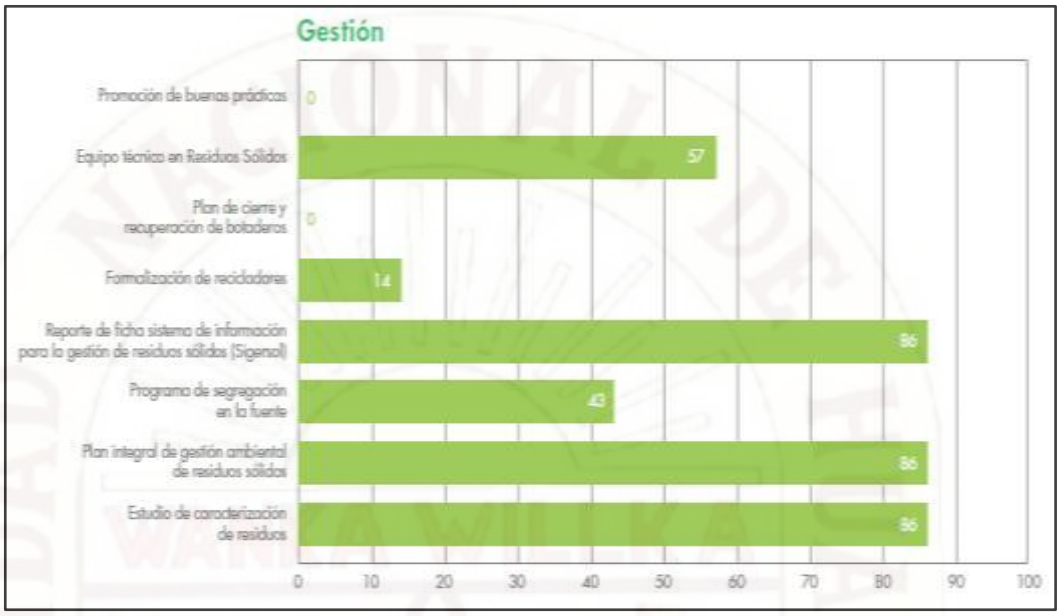
Componente 14: Identificación y erradicación de inadecuada disposición de residuos sólidos en lugares no autorizados (puntos críticos).

El 71% (5/7) de las municipalidades supervisadas identifica puntos de inadecuada disposición de residuos sólidos y, solo el 57% (4/7) de estas, realiza acciones para erradicar los puntos críticos.

Componente 15: Escombreras.

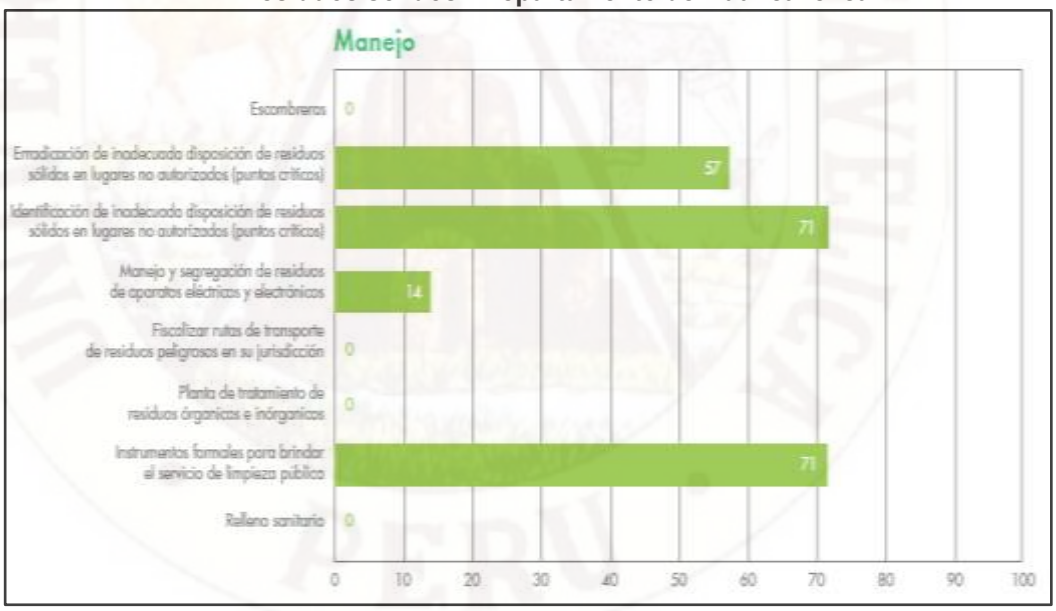
Ninguna de las municipalidades provinciales supervisadas cuenta con una infraestructura destinada para la disposición final de residuos provenientes de las actividades de construcción y demolición.

Cuadro 4. 5. Porcentaje del cumplimiento de las EFA respecto de la gestión de residuos sólidos - Departamento de Huancavelica.



Fuente: OEFA

Cuadro 4. 6. Porcentaje del cumplimiento de las EFA respecto del manejo de residuos sólidos - Departamento de Huancavelica



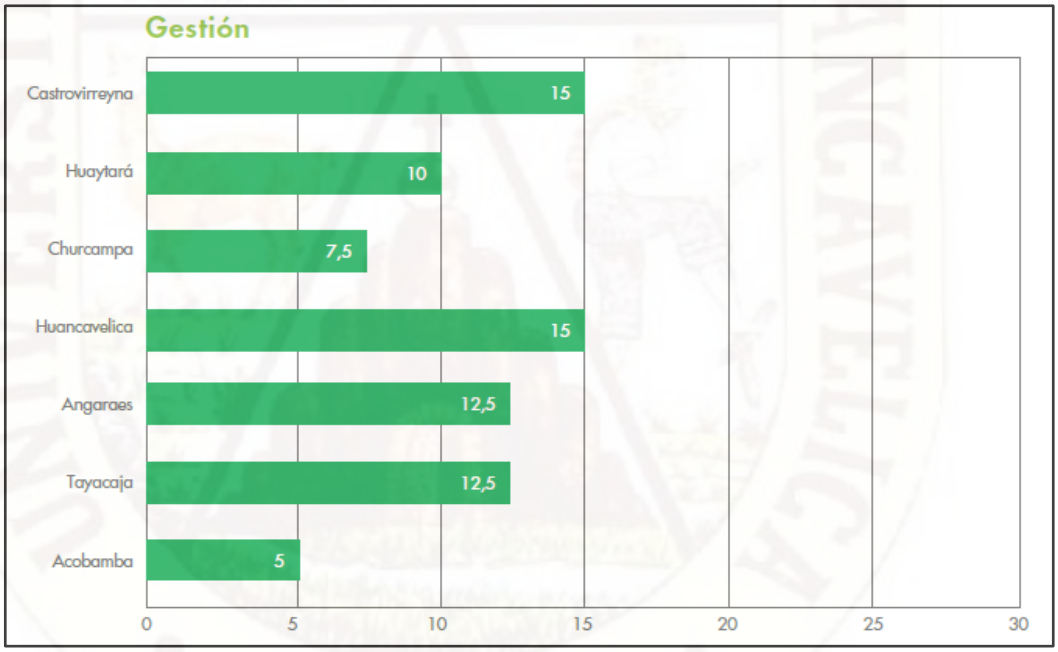
Fuente: OEFA

- **Comparativo de los resultados de desempeño de las municipalidades provinciales del departamento de Huancavelica**

  De las EFA supervisadas en el departamento de Huancavelica, la municipalidad provincial obtuvo el puntaje de 12.5 de 30, en lo referido a la gestión de residuos sólidos, debido a que cuenta con instrumentos de gestión de residuos tales como el estudio

  de caracterización de residuos sólidos, Pigars, programa de segregación en la fuente, y ha reportado la gestión y el manejo de residuos sólidos en el Sigersol del Minam.

Cuadro 4. 7. Evaluación de la gestión de residuos sólidos municipales - Departamento de Huancavelica

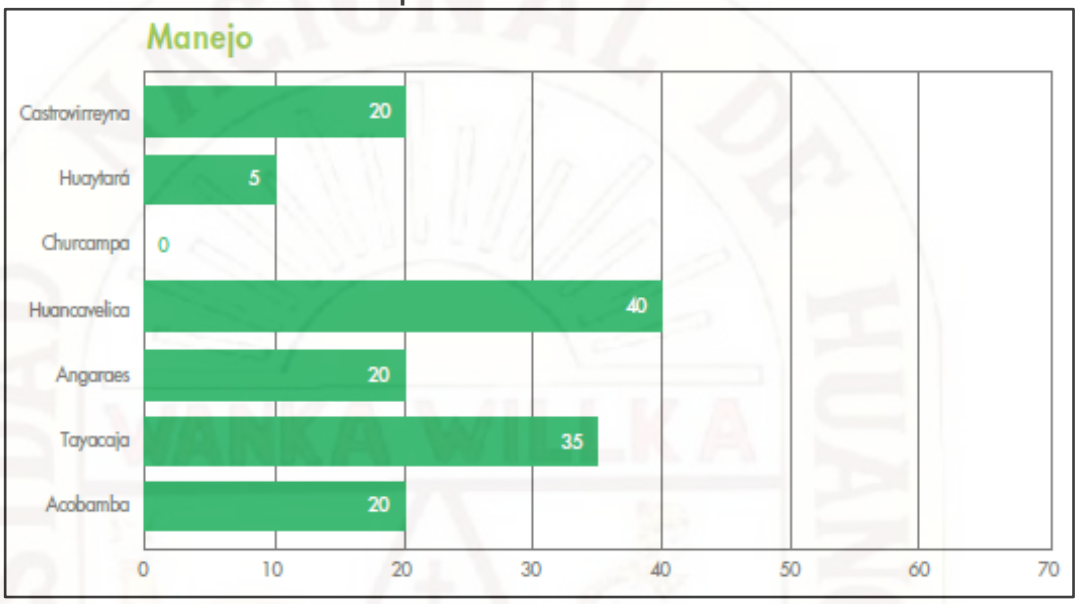


Fuente: OEFA

En cuanto al manejo de residuos sólidos, la Municipalidad Provincial de Tayacaja obtuvo un puntaje de 35 de 70, debido a que cuentan con los instrumentos formales para brindar el servicio de limpieza pública, realiza el tratamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos, promueve la

segregación de RAEE e, identifica y erradica los puntos de inadecuada disposición de residuos sólidos (puntos críticos).

Cuadro 4. 8. Evaluación del manejo de residuos sólidos municipales Departamento de Huancavelica



Fuente: OEFA

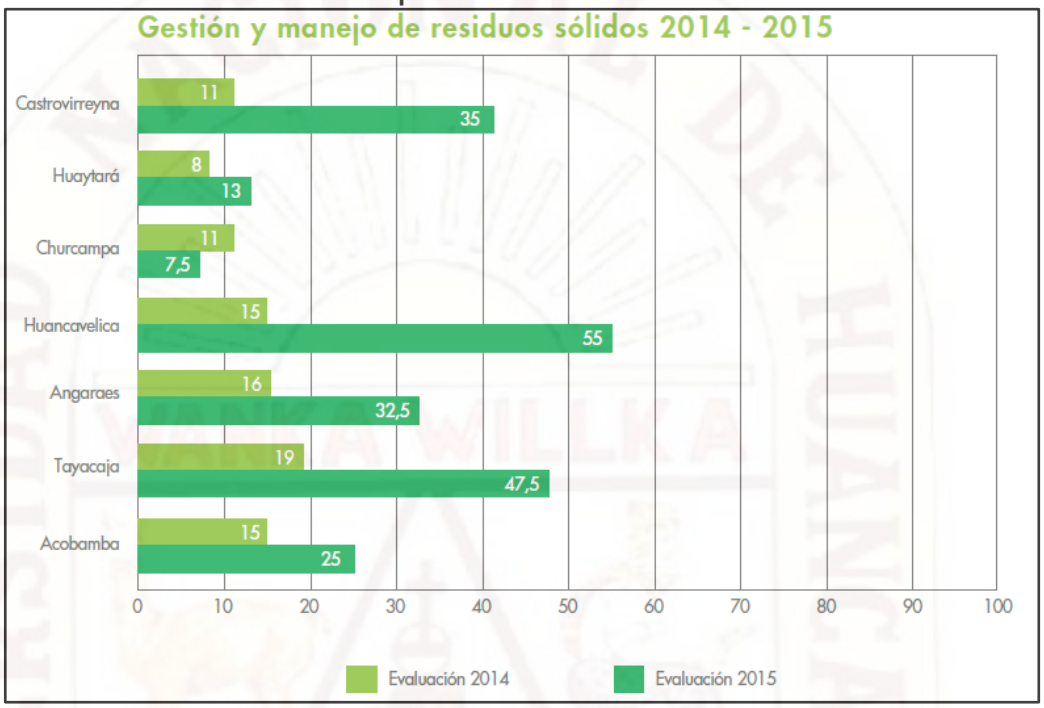
Los resultados obtenidos de la evaluación producto de las supervisiones realizadas durante el año 2014, en comparación con el periodo evaluado correspondiente al año 2015, muestran un gran avance en la gestión y manejo de residuos sólidos de las municipalidades provinciales de Huancavelica y Tayacaja.

Por otro lado, se aprecia una reducción en el índice de cumplimiento de las Municipalidad Provincial de Churcampa respecto de la gestión y el manejo de residuos sólidos dentro de sus jurisdicciones.

Las municipalidades provinciales de Tayacaja, Castrovirreyna y Angaraes realizan la disposición final de residuos sólidos en lugares no autorizados, pero observan los requisitos técnicos para prevenir la generación de daños al ambiente y a la salud de las personas. En estos casos, se ha otorgado un

puntaje nulo (cero puntos) para el componente de relleno sanitario, debido a que no cumplen con los requisitos formales.

Cuadro 4. 9. Evaluación de la gestión y el manejo de residuos sólidos municipales - Departamento de Huancavelica



Fuente: OEFA

4.1.4. Evaluación de estrategias de gestión y manejo de residuos sólidos mediante la Dinámica de Sistemas.

a. En escenario actual

Como el modelo ya se encuentra validado con un nivel de confianza que nos puede dar mejores resultados, que el modelo responde de forma fiable a las especificaciones planteadas en la fase de análisis del modelo conceptual. Los cuales se han realizado en el anexo proceso de modelado, por un lado, la verificación de la estructura del modelo que significa ver la consistencia de las ecuaciones y que las variables y parámetros deben estar claramente especificados.

Por otro lado, se realizó validación del comportamiento que es adecuación de las simulaciones con el comportamiento observado del sistema real o modos de referencia de los datos históricos de la misma.

Además, la más importante lo que es el análisis de sensibilidad del modelo que es la verificación de la consistencia del modelo ante cambios de los parámetros y el impacto que causa los diferentes valores de los parámetros sobre el comportamiento del sistema. Entonces en esta fase estudiaremos y evaluaremos el comportamiento del modelo de las estrategias actuales mediante el modelo construido, por ejemplo, que pasaría en el manejo de residuos sólidos si mantiene las estrategias actuales, la cantidad de residuos generados, cantidad de residuos en las calles, etc.

La evaluación será según el horizonte de temporal ya considerado en los capítulos anteriores.

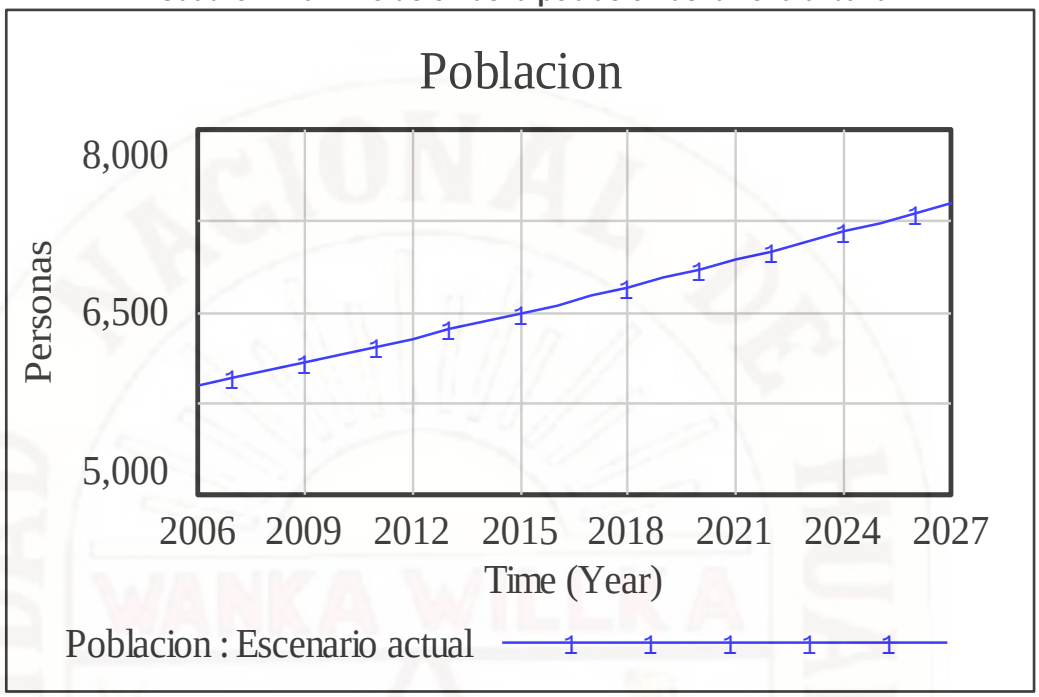
- **Evolución de la población de la Zona urbana de Pampas**

  El movimiento poblacional es susceptible de ajuste y calibración mediante su simulación para un período de tiempo anterior al actual o sea del año 2006 al 2016 y su comparación con los datos estadísticos reales existentes de dicho período.

  La simulación de la variable población total del modelo integrado ya se encuentra calibrado y comprobado, muestra un comportamiento visiblemente más similar o apropiado a los modos de referencia de los datos estadísticos reales de la población de la zona de estudio.

  Por lo tanto, la población urbana va ir en aumento para el año 2027 llegando a ser 7393 habitantes. Que es lógico el crecimiento de la población donde tasa de crecimiento es mayor que la tasa de mortalidad.

Cuadro 4. 10. Evolución de la población de la zona urbana



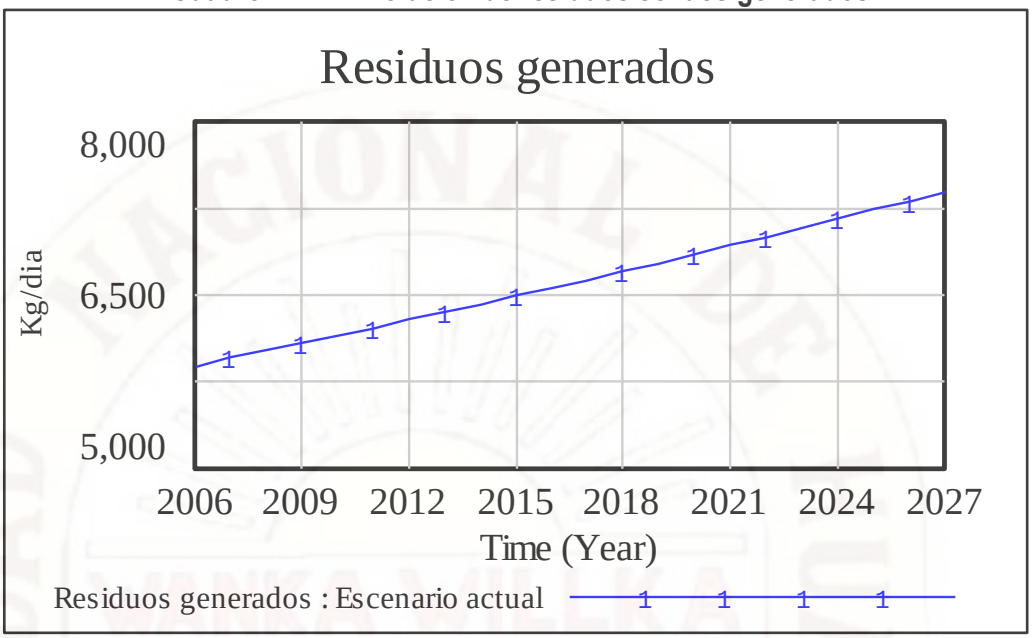
Fuente: elaboración propia, software Vensim

- **Evolución de Residuos Sólidos Generados**

  La otra variable que es ajustado y calibrado mediante su simulación para un período de evolución considerado del año 2006 al 2016 y su comparación con los modos de referencia de los datos estadísticos reales existentes de dicho período, es la variable cantidad de residuos sólidos generados por cada habitante por día. Se adapta de manera de aceptable al comportamiento esperado, para ello bastó ajustar la influencia de los factores involucrados a la misma.

  El aumento de la cantidad de residuos sólidos es lógico, porque además la población crece y si no se mejora las acciones o las estrategias de intervención por las entidades que manejan la administración de residuos sólidos, estas acciones para largo tienden a deteriorarse, por tanto, la cantidad de residuos sólidos para al año 2027 llega ser 7 393 toneladas al año.

Cuadro 4. 11. Evolución de residuos sólidos generados



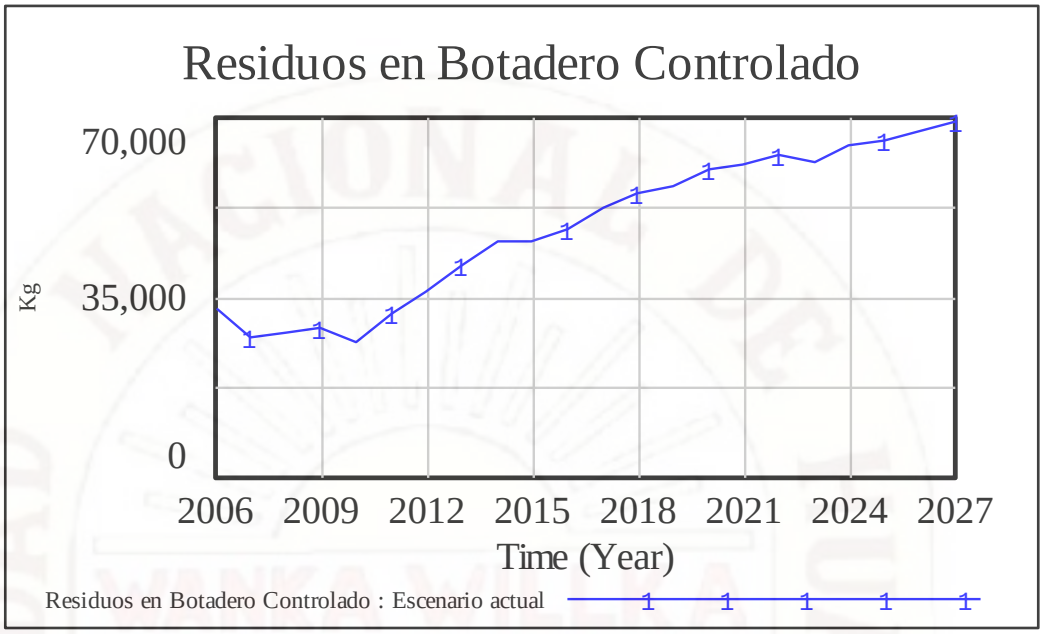
Fuente: elaboración propia, software Vensim

- **Evolución de Residuos Sólidos en el Botadero Controlado**

  El variable de Residuos en el botadero controlado es calibrado y comprobado para el periodo de evolución. Se adapta de manera aceptable y confiable al comportamiento esperado de los datos reales, que se adecua de mejor manera a los correspondientes modos de referencia.

  Por tanto, al simular el comportamiento de la acumulación de residuos sólidos en el botadero municipal, esto explica que con el crecimiento de la población aumenta la generación de residuos sólidos y si no hay acciones o estrategias de mejora para el manejo adecuado de residuos sólidos, la acumulación de estos en el botadero va ir creciendo de forma exponencial llegando ser 69 086 toneladas para al 2027. Por lo que requiere otras acciones inmediatas antes que sean afectadas la población con efectos negativos.

Cuadro 4. 12. Evolución de residuos sólidos en el Botadero controlado



Fuente: elaboración propia, software Vensim

b. En escenario mejorado

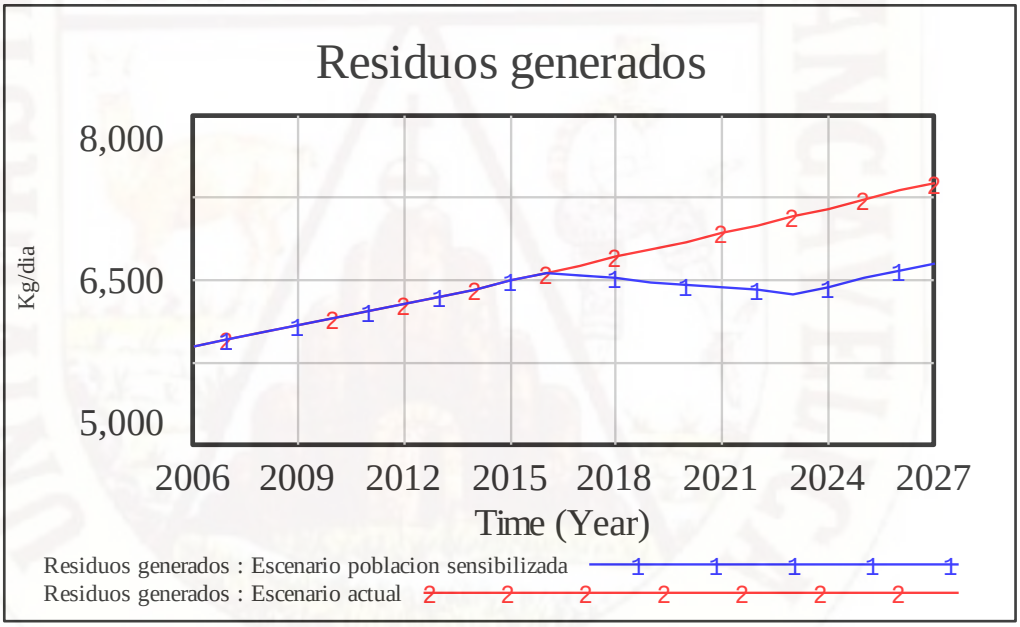
Sin embargo, que pasaría se mejoran las condiciones actuales en la gestión y manejo de residuos sólidos, por un lado, haya mayor realización de campañas de sensibilización, concientización y establecimiento de políticas que permita reducir la generación de residuos sólidos por parte de la población, así como la separación y aprovechamiento de los mismos en la fuente. Y por el otro lado la entidad aumenta mayor presupuesto para mejorar el manejo de los residuos sólidos como adquisición carro recolector, contratación de recurso humano e construcción planta de tratamiento de residuos sólidos.

Se planteamos la hipótesis de que el manejo de residuos sólidos, mejoraría significativamente, si se realiza políticas de sensibilización para segregación y aprovechamiento de los residuos en la fuente. Para probar esta hipótesis suponemos que al año 2023 sea el 27% la población sensibilizada.

Tasa de población sensibilizada = With Lookup ([(0,0) - (3000,10)], (2006, 0.17), (2016,0.17), (2023,0.27)).

El cuadro 4.13. se comprueba la hipótesis, que al lograr la población sensibilizada para al año 2023, logrando ascender la tasa de población sensibilizada al 27%, si disminuye significativamente la generación de residuos sólidos, donde la cantidad de residuos sólidos generados en el año 2027 llega ser 6 653 toneladas, que es menos que en el escenario actual. Este nos explica que al aumentar paulatinamente las políticas de segregación y reciclaje lograría disminuir la generación excesiva de residuos sólidos por parte de la población.

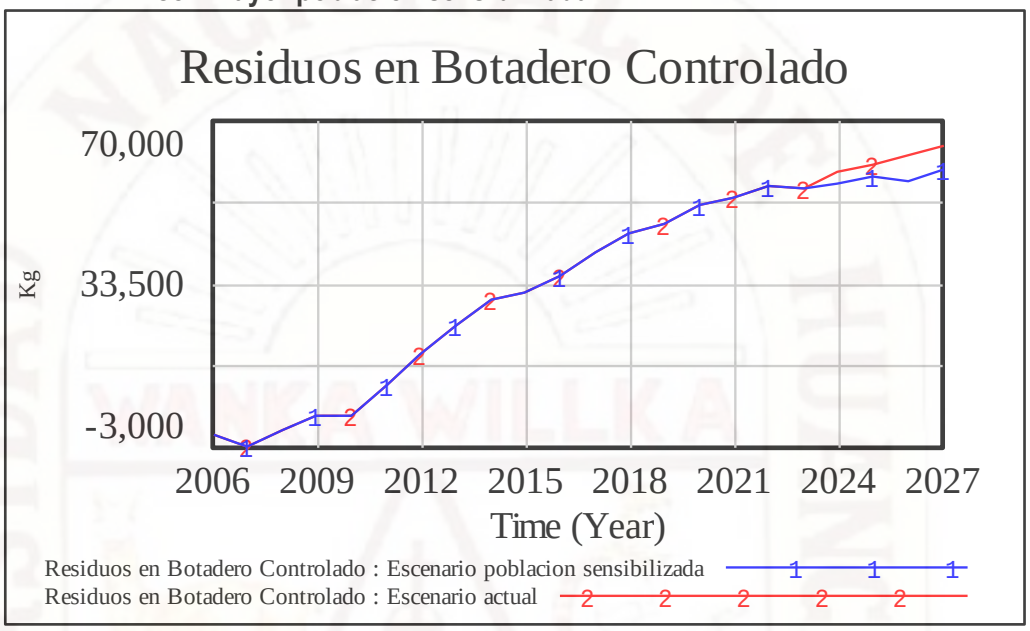
Cuadro 4. 13. Simulación de residuos generados al año 2027 con mayor población sensibilizada



Fuente: elaboración propia, software Vensim

De igual modo en el cuadro 4.14 la acumulación de residuos sólidos en el botadero controlado tiende a disminuir para el año 2027, llegando ser 64453 toneladas.

Cuadro 4. 14. Simulación de residuos sólidos en botadero controlado al año 2027 con mayor población sensibilizada



Fuente: elaboración propia, software Vensim

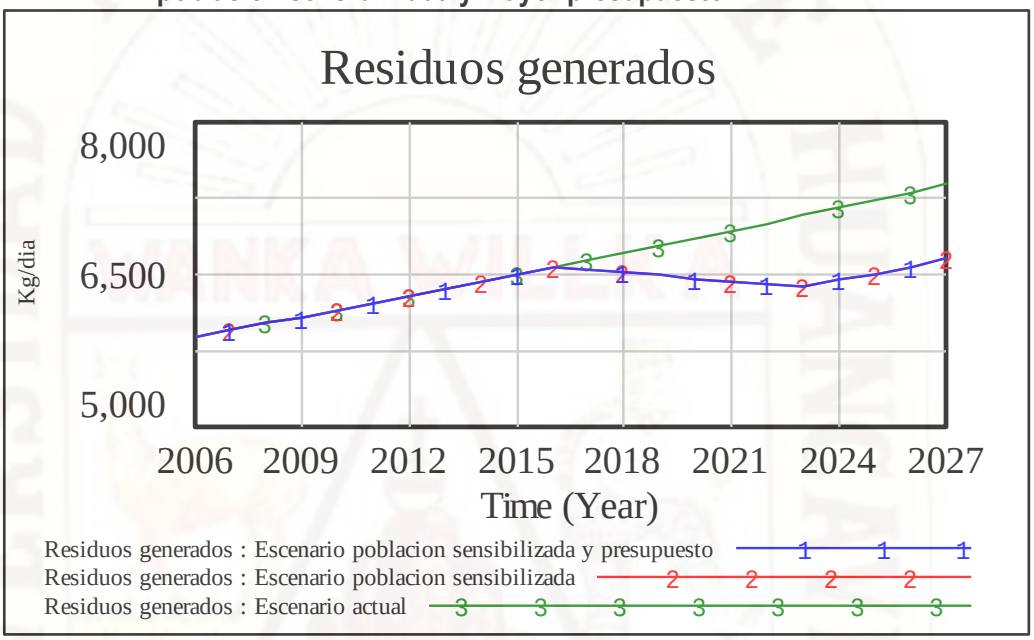
Si planteamos la hipótesis de que el manejo de residuos sólidos, mejoraría con mayor significancia, si se incrementa la asignación de presupuesto como adquisición de carro recolector, contratación de más recursos humanos e construcción planta de tratamiento de residuos sólidos. Para probar esta hipótesis suponemos que al año 2023 el monto asignado sea 200000 soles más de lo asignado el año 2016. Además, la tasa de población sensibilizada sea al 27%.

Tasa de población sensibilizada = With Lookup ([(0,0) - (3000,10)], (2006, 0.17), (2016,0.17), (2023,0.27)).

Presupuesto = With Lookup ([(0,0) -(3000,400000)], (2006,395000), (2016, 395000), (2023,595000)).

En el siguiente cuadro 4.15 se comprueba la hipótesis, que al asignar al año 2023 200 000 soles más del presupuesto actual, y además tasa de población sensibilizada sea al 27%. Entonces se logra disminuir, con mayor significancia, la generación de residuos sólidos llegando ser 6653 toneladas para el año 2027.

Cuadro 4. 15. Simulación de generación de residuos al año 2027 con mayor población sensibilizada y mayor presupuesto

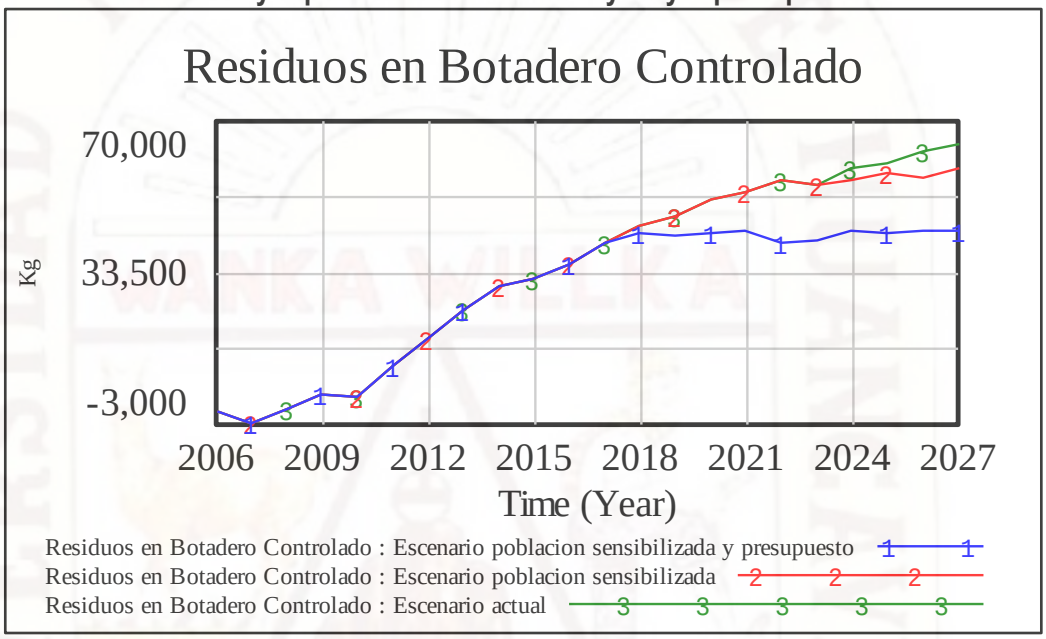


Fuente: elaboración propia, software Vensim

De la misma manera según el siguiente cuadro 4.16 la acumulación de residuos sólidos en el botadero controlado se logra disminuir con mayor significancia llegando ser para el año 2027 las 48 040 toneladas de residuos sólidos. Con ello podemos explicar que, para lograr el manejo eficiente de residuos sólidos se requiere políticas de políticas que permita reducir la generación de residuos sólidos por parte de la población, así como la realización de campañas de sensibilización, concientización y establecimiento de la separación y aprovechamiento de los mismos en la fuente. Y por el otro lado se requiere también el mayor presupuesto para mejorar el manejo de los residuos sólidos como adquisición carro recolector,

contratación de recurso humano e construcción planta de tratamiento de residuos sólidos.

Cuadro 4. 16. Simulación de residuos sólidos en botadero controlado al año 2027 con mayor población sensibilizada y mayor presupuesto.



Fuente: elaboración propia, software Vensim

4.1.5. Propuesta para mejorar el manejo de residuos solidos

El manejo y la gestión de residuos sólidos municipales representa un reto del Perú en el presente inmediato y en el futuro. La gestión de residuos sólidos municipales se encarga no solo de uno de los mayores problemas ambientales en el distrito, sino que implica un impacto directo en la calidad de vida de pobladores y trabajadores relacionados a la prestación de servicios.

Para lograr la zona urbana de distrito de Pampas con mejoras en el manejo de residuos sólidos, se requiere de voluntad por parte de los gobiernos, fuertes inversiones para la realización de estudios y el desarrollo de proyectos de ingeniería,

y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos.

Para lo cual en la presente tesis planteamos una serie de alternativas que permiten mejorar el manejo de residuos sólidos:

- **Mejorar los mecanismos de planificación del manejo y la gestión de residuos sólidos.** Un primer paso que debe darse es mejorar los mecanismos de planificación de la gestión de residuos sólidos por parte de la municipalidad distrital. En este aspecto, consideramos que es alarmante que ni si quiera la municipalidad provincial, cuenta con un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos actualizada.
- **Programa de segregación en la fuente y reciclaje.** Consideramos que en la actualidad uno de los objetivos de la gestión de residuos sólidos debe ser la utilización de tecnología y de procesos simples que pueden ayudar a la reducción de la cantidad de residuos sólidos como el compostaje, o la adecuada segregación. Existen ejemplos de experiencias exitosas dentro de nuestro propio país, como el caso del distrito de Santiago de Surco, en el cual se aplicó con éxito un programa de segregación en la fuente y reciclaje, y actualmente este distrito es considerado como uno de los distritos más limpios del Perú.
- **Incrementar presupuesto.** Consideramos que es necesario aumentar presupuesto para mejorar el manejo y la gestión de residuos sólidos, para adquisición de maquinarias, contrato de recurso humano y materiales.
- **Mancomunidades municipales en residuos sólidos.** Se deberían aprovechar las figuras como las mancomunidades municipales para fomentar la participación conjunta de distintos municipios en la inversión en infraestructura de residuos sólidos, en la capacitación conjunta de su personal, en la adquisición de conocimientos y nuevas tecnologías para su uso en la efectivizarían de los programas de residuos sólidos, y de ser posible la prestación conjunta de los servicios de limpieza, recolección y transporte.

- **Campañas de Concientización y Optimización de equipos recolectores**. Con la iniciativa de las entidades municipales y el sector privado se debe realizar una estrategia de Concientización que permite que la tasa de aprovechamiento de residuos se aumente en mayor porcentaje que se dispone en el vertedero. Por su parte las entidades encargadas de la recolección, con el paso de los años deben realizar una optimización sobre los equipos recolectores y su planeación, permitiendo mejorar su capacidad y su frecuencia de recolección por día.
- **Cambio de competencias a nivel regional, provincial y distrital.** Finalmente, creemos que se deben terminar de definir algunas competencias respecto a la gestión y manejo de residuos sólidos y redefinir algunas otras. Con respecto a lo primero, creemos que el papel de los gobiernos regionales en el financiamiento de las infraestructuras de residuos sólidos puede ser regulado con una mayor acuciosidad en el reglamento de la LGRS, estableciendo no solo competencias respecto al financiamiento en infraestructuras de residuos sólidos, sino con respecto a la planificación o educación ambiental. En el segundo caso, un cambio legislativo que permita reasignar competencias a nivel provincial y distrital para explotar las potencialidades de la prestación de ciertos servicios a nivel provincial por un tema de economías de escala, de estandarización de condiciones en la prestación de los servicios, por la universalización y equidad en la gestión de residuos sólidos, la cual solo termina afectando la calidad de vida de la población y poniendo en riesgo la vigencia de derechos fundamentales tales como el derecho a la salud y a gozar de un medio ambiente sano.

4.2. Discusión de los resultados

Los resultados presentados generan a su vez una serie de observaciones y comentarios, los que serán tratados de acuerdo al sistema hipotético conceptual planteado en la presente investigación, por lo cual se tendrán en cuenta los siguientes niveles de análisis; el marco hipotético, lo correspondiente a la hipótesis general, y lo referido a las hipótesis específicas. Es también preciso mencionar, la

interacción de estos niveles, ya que su separación simplemente se plantea para ordenar el respectivo comentario.

i. Análisis de la información concerniente al Marco Hipotético.

El sistema hipotético planteado el modelo prospectivo para el manejo de residuos sólidos influyen de forma directa en la mejora de la gestión y manejo de residuos sólidos, básicamente considerando que la situación problemática es visto desde un punto de vista holístico, quiere decir que el manejo de residuos sólidos es una sinergia de múltiples variables tales como: generación, gestión y disposición de residuos sólidos.

ii. Análisis de resultados referidos a la Hipótesis General.

El modelo prospectivo para el manejo de residuos sólidos influye positivamente, debidas a que se plantea la intervención en los tres escenarios identificados (generación, gestión y disposición de residuos sólidos).

iii. Análisis de resultados referidos a las Hipótesis Específicas.

- Las estrategias actuales y los lineamientos básicamente basado en los componentes del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA para la gestión y manejo de residuos sólidos. Para lo cual la OEFA debería cumplir con ciertos componentes: COMPONENTE I: Estudio de caracterización de los residuos sólidos, COMPONENTE II: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, COMPONENTE III: Programa de segregación en la fuente, COMPONENTE IV: Formalización de recicladores, COMPONENTE V: Reporte de gestión y manejo de residuos sólidos en el Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol), COMPONENTE VI: Plan de cierre y recuperación de botaderos, COMPONENTE VII: Relleno sanitario. COMPONENTE VIII: Instrumentos formales para brindar el servicio de limpieza pública, COMPONENTE IX: Planta de tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, COMPONENTE X: Procedimiento para autorizar y fiscalizar las

rutas de transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción y COMPONENTE XI: Manejo y segregación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Pero según las evaluaciones de los componentes solo el 29% municipalidades provinciales cuentan con el Estudio de caracterización. El 86% de las municipalidades provinciales del departamento de Huancavelica cuenta con Pigars aprobados y cuya implementación se encuentra en desarrollo. El 14% de las municipalidades provinciales supervisadas fomenta programa de segregación en la fuente. El 14% de las municipalidades provinciales supervisadas en el departamento de Huancavelica promueve la formalización de los recicladores en el distrito. El 0% de las municipalidades provinciales supervisadas cuenta con planes de cierre y clausura de sus botaderos. El 57% de las municipalidades provinciales realiza el tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos. El 0% de las municipalidades provinciales supervisadas promueve el manejo y la segregación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE.

- El modelo prospectivo de manejo de residuos sólidos contribuye positivamente, porque el modelo nos permitió observar el comportamiento de las variables, residuos totales, residuos reciclados y su relación con el presupuesto de la institución. Se pudo establecer que, para implementar un plan de gestión integral de residuos sólidos, que sea eficiente, se necesita que exista una tasa de inversión adecuada al número de la población de la institución.

  Además, debe tener en cuenta la estructura misma del sistema, sus componentes y los elementos de la zona de estudio, como, por ejemplo, capacidad de vertederos, el crecimiento de la población, la cantidad de desechos por habitante, entre otros. El análisis de dichos elementos permite no solo conocer el impacto de los mismos, sino también sus causas, para así diseñar y formular políticas y estrategias que conlleven a una gestión ambiental adecuada. de la ciudad.

CONCLUSIONES

- Para el manejo de residuos sólidos, debe tener en cuenta la estructura misma del sistema, sus componentes y los elementos de la ciudad, como, por ejemplo, capacidad de botaderos, el crecimiento de la población, la cantidad de desechos por habitante, entre otros. El análisis de dichos elementos permite no solo conocer el impacto de los mismos, sino también sus causas, para así diseñar y formular políticas y estrategias que conlleven a una gestión ambiental adecuada. de la ciudad.
- La falta de conciencia ambiental de los ciudadanos, de coordinación de las distintas áreas que hacen parte del municipio, y de apoyo del Gobierno, son causas de la problemática descrita, ya que las entidades al actuar en forma independiente no consideran variables ambientales que son importantes. Es de reconocer que el aumento de conciencia podría conducir a mayores tasas de aprovechamiento y a su vez, menores niveles de contaminación.
- La realización de campañas de concientización y el establecimiento de políticas que permitan reducir la generación de residuos por parte de la población, así como la separación y aprovechamiento de los mismos en la fuente, son de gran impacto sobre el sistema de análisis, dado que permiten reducir los niveles de contaminación y emisiones al ambiente, al igual que retardar la necesidad de apertura de nuevos vertederos a cielo abierto.
- La generación de residuos sólidos siempre ha tenido un impacto en el ambiente y en la salud de las personas. El problema no radica solo en la generación de residuos, ya que toda transformación o utilización de bienes genera desechos, la gestión de residuos sólidos implica también manejar tareas con un alto nivel de complejidad como el transporte o la disposición final de los mismos. A dicha complejidad se suma los cambios en la composición y toxicidad de los residuos que ha ido en aumento a lo largo de la historia de la humanidad.

RECOMENDACIONES

- Planificar la ejecución de un proyecto de infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos utilizando la información de generación per cápita y la densidad obtenida para el dimensionamiento del relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos, así mismo para de diseño del sistema de recolección de residuos.
- Tratar los residuos orgánicos para la elaboración de compost y/o humus, que pueden ser comercializados o aprovechados en los parques y jardines del distrito urbano de Pampas.
- Continuar con el programa de segregación en fuente de residuos sólidos en viviendas e impulsarlo en generadores no domiciliarios.
- Desarrollar plan de manejo integral de residuos sólidos municipales que contemple el diseño de las rutas de recolección, educación y concientización ambiental.
- Teniendo como base este estudio se recomienda implementar una ordenanza de arbitrios municipales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dr. Roberto Hernández Sampieri, Metodologia de investigación, 5ta edición – 2010, Mexico, ISBN: 978-607-15-0291-9.
2. Guillermo Moreno Camones y José Moreno Maguiña. Procesos de la Investigación Científica; Ed. FAKIR Editores; Lima_Peru-1997, idioma castellano. ROXANA 275.
3. Aracil, Javier Dinámica de Sistemas, Ingeniería de Sistemas, ISDEFE - primera Edición Marzo – 1995 – Madrid – España, Impresión: Gráficas Marte, S.A. (Madrid) ISBN: 84-68338- Disponible:http://archivosmodelosdesimulacionurbana.iespana.es/sistemas%20sociales.pdf.
4. Munrray R., Spiegel, Shiller, Jhon y Alu Srinivasa R., PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA, Editorial McGraw-Hill, II Ed., México, 2003.
5. Serer Figueroa, Marcos, Modelo estratégico (SM) para la gestión de proyectos de carácter único. Tesis Doctoral, Universidad UPC Barcelona 2004.
6. Juan Martin García, Teoría y Ejercicios Prácticos de la Dinámica de Sistemas, edición – 2010; Barcelona – España, ISBN 84-607-9304-4. Disponible: Compras en http://www.dinamica-de-sistemas.com/
7. Juan Martin García, la Dinámica de Sistemas avanzado, segunda edición – 2011; Barcelona – España, ISBN 978-84-612-2792-1. Disponible: Compras en http://www.dinamica-de-sistemas.com/

ANEXOS

ANEXO 01: PROCESO DE MODELADO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE PAMPAS DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA

Para abordar el problema de manejo de residuos sólidos en forma integral no aislada, se construirá un modelo mediante el cual interpretar, comprender y luego plantear estrategias de mejora a la situación problemática. Este modelo no será diseñado como una herramienta de estimación sino como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones, para ello la dinámica de sistemas como una metodología sistémica presenta en forma general y sistemática tres fases en el proceso desarrollo del modelo[13], los cuales son:

- Fase de conceptualización
- Fase de formulación
- Fase de evaluación

1.1. Fase de conceptualización

En esta fase se inicia con la familiarización con el problema que estamos estudiando, para ello recogeremos información tanto de fuentes primarias y secundarias, de los estudios e investigaciones realizados por las instituciones internacionales o nacionales por ejemplo el OEFA, EFA, etc. Además, recogeremos las opiniones de los especialistas en el tema de residuos sólidos, trabajadores en la planta de tratamiento, administradores de residuos sólidos y el aporte de las experiencias propias de los investigadores del presente proyecto. De esta forma nos sumergiremos en el problema en estudio; para finalmente llegar a construir el diagrama de influencias del sistema.

1.1.1. Definición del sistema de manejo residuos solidos

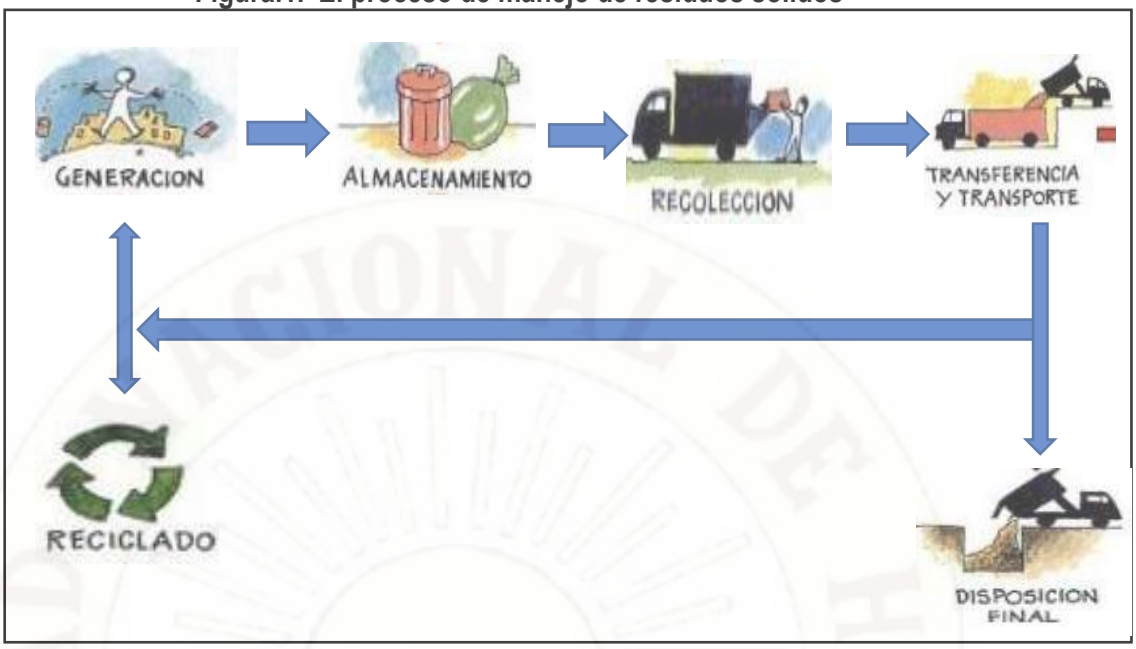
El sistema que vamos estudiar está formado por los subsistemas que son: la generación, el manejo y la disposición de residuos sólidos generados por la población, a los cuales se tienen asociados los elementos relacionados directa e indirectamente con el problema en estudio.

Los efectos de la relación de estos elementos han dado paso el fortalecimiento de fenómenos ecológicos, como la contaminación del agua, el suelo y el aire.

La relación existente entre estos elementos se puede observar en la figura.

[13] Dinámica de Sistemas. Javier Aracil y Francisco Gordillo. Pág. n° 108 -109

Figura.1. El proceso de manejo de residuos solidos



Fuente: OEFA

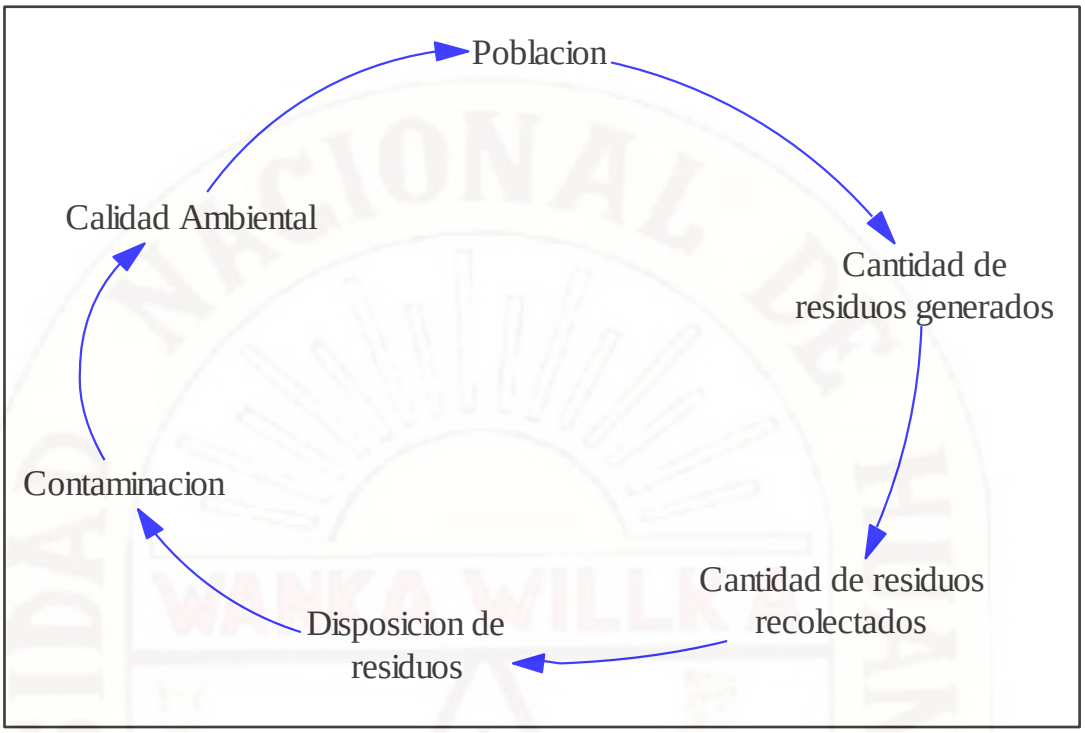
a. Problema objetivo

El problema objetivo para nuestra investigación es la problemática en el manejo de residuos sólidos en el distrito de Pampas de la provincia de Tayacaja.

En la zona del ámbito de estudio, los factores críticos que influyen en el manejo de residuos sólidos son la falta de segregación en la fuente, la conciencia ambiental de sus pobladores, financiamiento e inadecuado tratamiento de residuos sólidos en la disposición final.

En la figura siguiente se ve el problema, tiende ser un comportamiento de círculo vicioso donde un aumento en la población, se presenta un aumento en la cantidad de desechos generados, de igual forma como respuesta de los sistemas de recolección, se presenta un aumento en la cantidad de basura recolectada, lo que acrecienta la cantidad de disposición de residuos en los basureros; por el efecto de estos en el ambiente, la contaminación crece y genera un deterioro en la calidad de vida de la población de modo que se afecta negativamente su crecimiento.

Figura.2. Diagrama de relación problemática



Fuente: elaboración propia

b. Población objetiva

Como los residuos sólidos es generado directa e indirectamente por las todas edades de la población. Para calcular la población objetiva, se tuvo en cuenta los Censos de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), del distrito de Pampas en el año 1993 y 2007, determinando la Tasa de Crecimiento Poblacional con este dato se proyectó la población al actual al 2016, para el cual se ha utilizado las fórmulas de las Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) del MINAM.

La Tasa de Crecimiento Poblacional del Distrito de Pampas es 1.37% y la población urbana actual (2016) del Distrito de Pampas es de 6710 habitantes. Entonces el cálculo del número de predios domiciliarios será del resultado dividir población actual (2016) entre cantidad de habitantes promedio por vivienda: 6710/4 = 1677.

c. Modelos mentales

Los esquemas mentales de los principales agentes implicados en el problema es la fuente más valiosa de información porque en ellos se incluye la experiencia, el conocimiento, el juicio, las percepciones y la creatividad de las personas. A este último se suma las conclusiones de entrevistas a los principales involucrados y con ayuda de diversos estudios del tema, se obtuvo la base para estructurar el modelo mental que subyace en la percepción del problema.

Lo expuesto en líneas arriba nos permite ya identificar las causas directas de la problemática que genera los residuos sólidos: la generación que ha experimentado un aumento exponencial de la población en los últimos años; la condición socioeconómica y los patrones de consumo urbano; la recolección de residuos sólidos en la zona urbana de estudio que se realiza de manera formal e informal; el reciclaje que se realiza gracias a la separación de los residuos en el origen realizada por recicladores informales (población) y sobre todo en la inadecuada disposición final que se efectúa en el "Botadero Controlado Municipal ".

Figura.3. Relación de elementos de manejo de residuos solidos

Fuente: OEFA

Figura.4. Relación de elementos de manejo de residuos solidos

Fuente: elaboración propia

1.1.2. Elementos del sistema de manejo de residuos solidos

El sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí, por lo tanto, los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema o sea aquellos elementos que tienen una influencia razonable en el comportamiento del sistema, y sólo estos, formarán el sistema que estamos estudiando.

A continuación, mencionaremos los elementos clasificados en tres componentes interactuados entre sí:

- **La generación de residuos solidos**

  Este componente tiene como elementos relacionados propiamente con las características de la población y su tratamiento de residuos sólidos domiciliarios, que influyen directamente en el manejo de residuos sólidos:

  - Población de la zona urbana

- Residuos sólidos generados
- Segregación
- Residuos reciclados
- Fuente de ingreso
- Calidad de vida

➢ **La gestión de residuos solidos**

Este componente tiene como elementos relacionados propiamente con la administración de residuos sólidos, que influyen directamente en el manejo de residuos sólidos:

- Residuos sólidos generados
- Residuos sólidos recolectados
- Residuos sólidos no recolectados
- Equipos recolectores
- Presupuesto de la institución
- Actividades de sensibilización

➢ **La disposición de residuos sólidos**

Este componente tiene como elementos propiamente relacionados con los factores que interactúan con la disposición final de residuos sólidos, y que influye directamente en el manejo de residuos sólidos:

- Residuos sólidos recolectados
- Botadero controlado de la municipal
- Residuos sólidos reciclados
- Contaminación de medio ambiente
- Calidad de vida de la población
- Población de la zona urbana

Figura.5. Los componentes de manejo de residuos solidos

GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS

- Residuos sólidos generados
- Segregación
- Residuos reciclados
- Fuente de ingreso
- Calidad de vida

GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS

- Residuos sólidos generados
- Residuos sólidos recolectados
- Residuos sólidos no recolectados
- Equipos recolectores
- Presupuesto de la institución
- Actividades de sensibilización

DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

- Residuos sólidos recolectados
- Botadero controlado de la municipal
- Residuos sólidos reciclados
- Contaminación de medio ambiente
- Calidad de vida de la población
- Población de la zona urbana

Fuente: elaboración propia

1.1.3. Límites y fronteras del sistema

Límites delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el problema estudiado. Los elementos que afectan y a su vez son afectados por el sistema se consideran en el interior de los límites, mientras que aquellos que sólo afectan o se ven afectados se consideran fuera de los límites[14]. En cambio, la frontera tal como muestra la gráfica, normalmente no se puede definir explícitamente sino indirectamente especificando las principales variables que influyen a cada componente del sistema, en nuestro caso. La figura presenta las variables claves del sistema que definen límites de los mismos.

Figura.6. Límites y fronteras de sistemas de manejo de residuos solidos

Fuente: elaboración propia

[14] Dinámica de Sistemas, Javier Aracil, Pág. 81

a. Los elementos relevantes

Los elementos que influyen directamente al problema como las causas inmediatas:

- Crecimiento exponencial poblacional
- Insuficiente equipos recolectores
- Inadecuada disposición final de residuos solidos
- Nivel de contaminación del medio ambiente

b. Los elementos menos relevantes

Los elementos que influyen indirectamente al problema como las causas subyacentes:

- Generación de residuos solidos
- Segregación de residuos solidos
- Residuos sólidos recolectados
- Residuos sólidos reciclados
- Presupuesto para manejo de residuos solidos
- Políticas de prevención
- Nivel de calidad de vida de la población
- Fuentes de ingresos por reciclaje de residuos solidos

1.1.4. Diagrama de influencias del sistema de manejo de residuos solidos

Dentro de este proceso de modelamiento existen dos etapas que se toma en cuenta: por un lado, es el desarrollo de diagrama de influencias que consiste el conjunto de los elementos que tienen relación con nuestro problema y permiten en principio explicar el comportamiento observado, y por otro lado es el análisis de esas relaciones que permiten reproducir las referencias históricas, que formara la estructura básica del sistema.

a. Diagrama de influencias

En esta fase se elabora la hipótesis dinámica, ello implica definir las influencias que se producen entre los elementos que integran el sistema en un Diagrama de influencias, teniendo en cuenta que un Diagrama influencias no recoge otras características como información sobre el tiempo de simulación o sobre la naturaleza y magnitud de las variables. Pero si toma variables que no

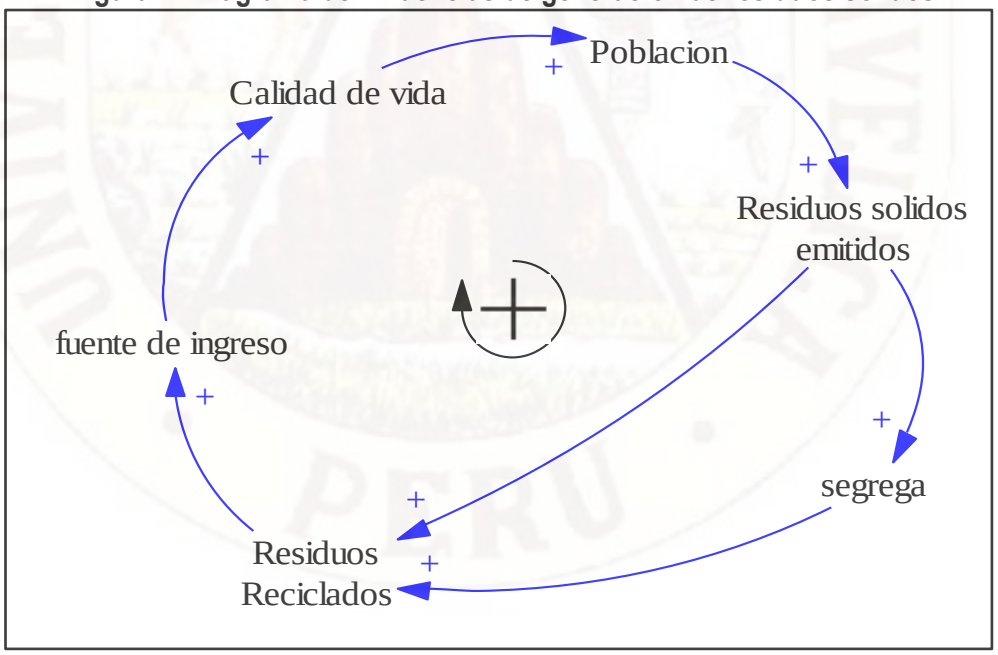
necesariamente van ser consideradas como magnitudes, por lo tanto, no van ser consideradas en el diagrama de forrester.

- **Diagrama de subsistema de generación de residuos solidos**

  El Diagrama recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos. El conjunto de los elementos que tienen relación con nuestro problema y permiten en principio explicar el comportamiento observado, junto con las relaciones entre ellos.

  Por tanto, para comprensión del subsistema de generación de residuos sólidos, se ha ce la representación del sistema objeto de análisis puede ser entendida como se presenta a continuación: Ante un aumento en la población, se presenta un aumento en la cantidad de desechos emitidos domiciliaria o no domiciliaria, pero la población con la conciencia de cultura de segregación realiza el reciclaje de los residuos sólidos generados por los mismos, como resultado de esta actividad la población genera como fuente de ingreso por la venta de residuos sólidos y a la vez genera una mejora en la calidad de vida de la población de modo que se afecta positivamente su crecimiento.

Figura.7. Diagrama de influencias de generación de residuos solidos



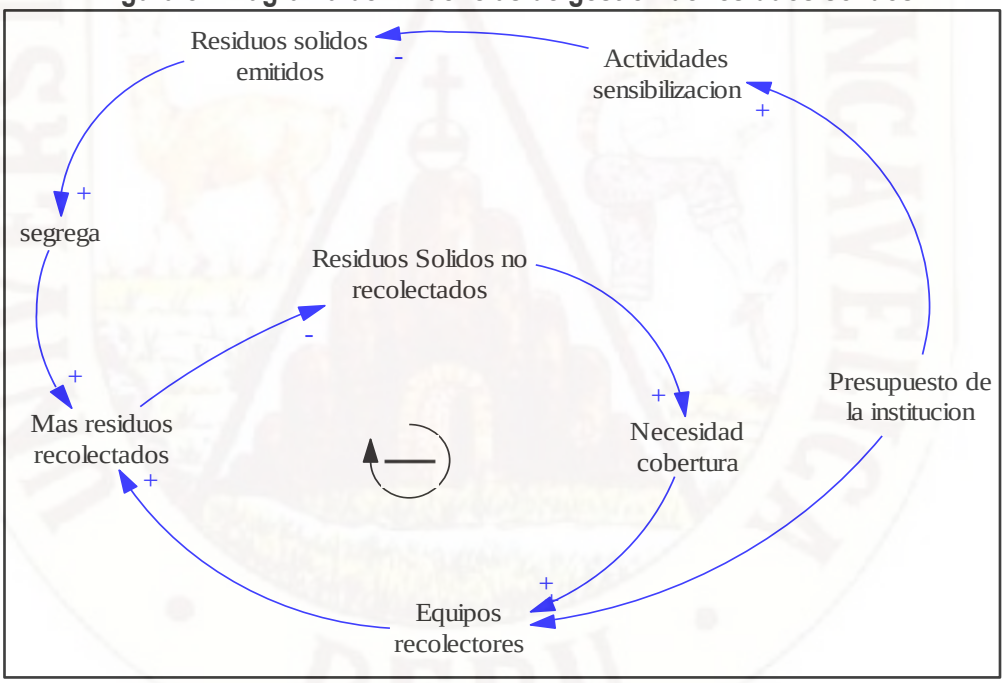
Fuente: elaboración propia, software vensim

- **Diagrama de subsistema de gestión de residuos solidos**

De igual modo, para comprensión del subsistema de gestión de residuos sólidos que está en la responsabilidad de la Municipalidad Provincial de Pampas – Tayacaja, se hace la representación del sistema objeto de análisis puede ser entendida como se presenta a continuación: ante la generación de residuos sólidos y la cultura de segregación de la población tiene una influencia al aumento o disminución de residuos sólidos recolectados, con la disposición de equipos recolectores se logra reducir residuos sólidos que quedan en las calles por recoger.

Además, podemos percibir la influencia de variable presupuesto que se requiere para incrementar el equipo recolector y para realizar actividades de concientización para el cuidado del medio ambiente y reducir emisión de residuos sólidos.

Figura.8. Diagrama de influencias de gestión de residuos solidos



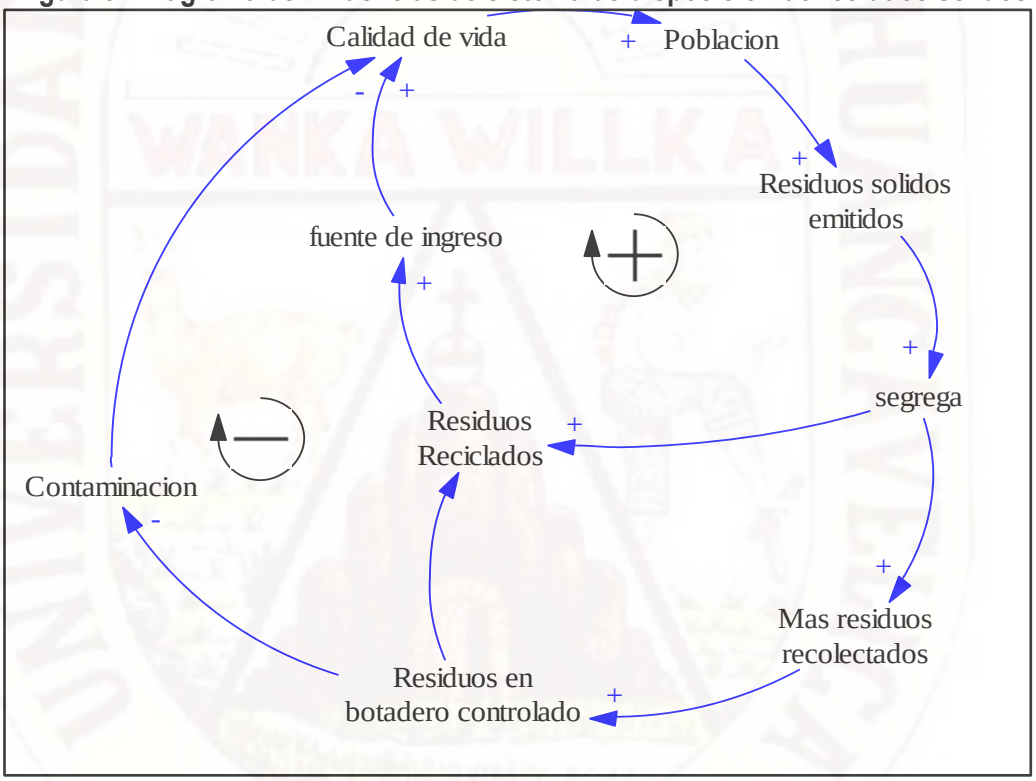
Fuente: elaboración propia, software vensim

- **Diagrama de subsistema de disposición de residuos solidos**

El diagrama de representación para este subsistema para realizar el objeto de análisis bajo estudio tiene directamente relación con el subsistema de generación de residuos donde el diagrama se forma de la siguiente manera:

Ante un aumento de la emisión de residuos domiciliarias o no domiciliarias y la conciencia de cultura de segregación realiza el reciclaje de los residuos sólidos generados por los mismos y además los residuos recolectados genera acumulación de residuos en el botadero controlado que es administrado por la Municipalidad provincial de Pampas – Tayacaja. La entidad también realiza el reciclaje para generar como fuente de ingreso de la población por la venta de residuos sólidos y a la vez genera una mejora en la calidad de vida de la población de modo que se afecta positivamente su crecimiento. Este último está condicionado por la variable Contaminación que afecta de manera negativa a la calidad de vida y crecimiento poblacional.

Figura.9. Diagrama de influencias de sistema de disposición de residuos solidos



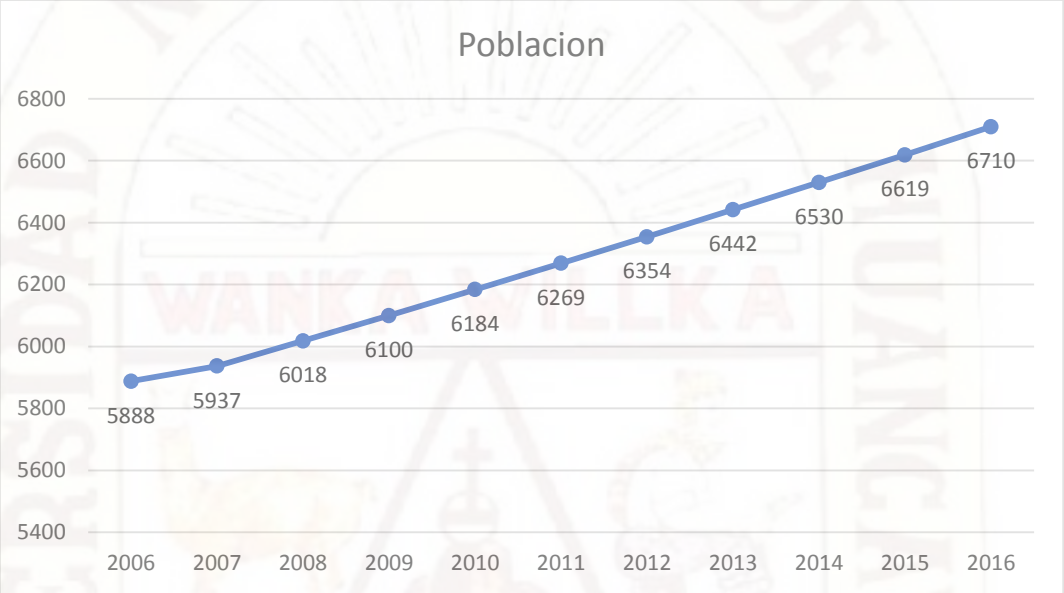
Fuente: elaboración propia, software vensim

b. Referencias estadística

De modo de referencia, explicamos el comportamiento real actual del sistema en estudio, tanto el crecimiento poblacional y el manejo de residuos sólidos. Las evaluaciones en los capítulos posteriores se harán basadas en los modos de referencia que explayaremos a continuación.

Como se ha visto en el anterior ítem, los residuos sólidos son generado por la población. Las cuales son tomados como referencia histórica tomando en cuenta los Censos de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), donde nos muestra un crecimiento exponencial de la población de la zona urbana, con tasa de Crecimiento Poblacional del Distrito de Pampas es 1.37%, en el cuadro siguiente presentamos el comportamiento histórico de la población de la zona urbana.

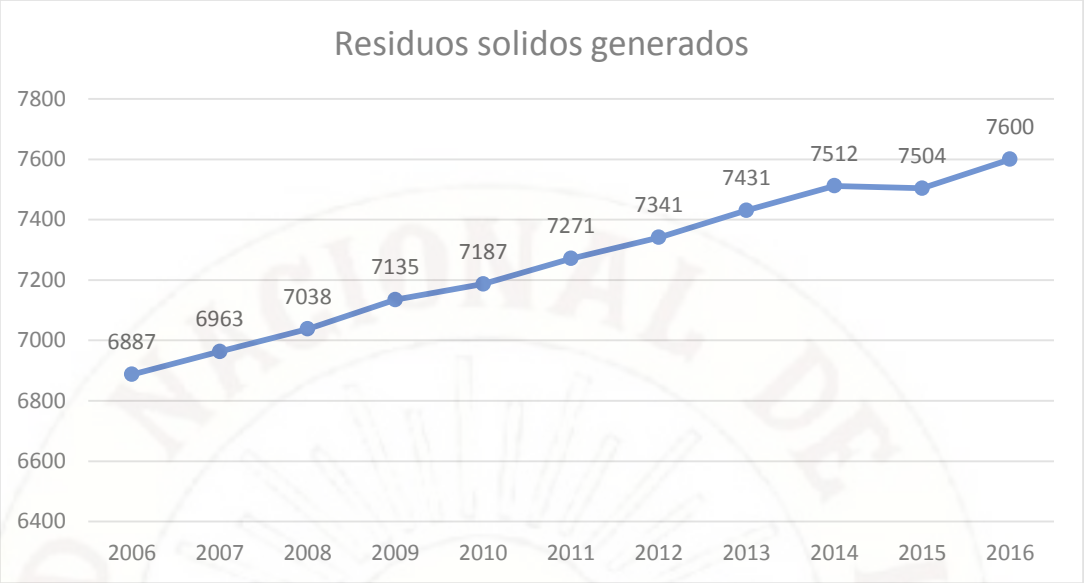
Figura.10. Comportamiento histórico de población urbana



Fuente: INEI, 2007

De la misma manera, como la consecuencia de crecimiento poblacional genera el aumento de la cantidad de residuos generados sobre los sistemas de recolección, hacen que estos también deban recoger una mayor cantidad de residuos, con lo cual logran reducir la cantidad de residuos que son dispuestos en las calles. Estos datos fueron recolectados de las fuentes primarias como estudio de campo conjuntamente con los administradores de residuos sólidos de la municipalidad mencionada.

Figura.11. Comportamiento histórico de residuos generados



Fuente: INEI, 2007

En el siguiente cuadro también vemos el comportamiento histórico de los residuos no recogidos que se encuentran en las calles, los desechos que no se alcanzan a recoger por falta de capacidad del equipo de la compañía, se considera que queda en las calles, siendo esto aprovechado por otros recolectores informales.

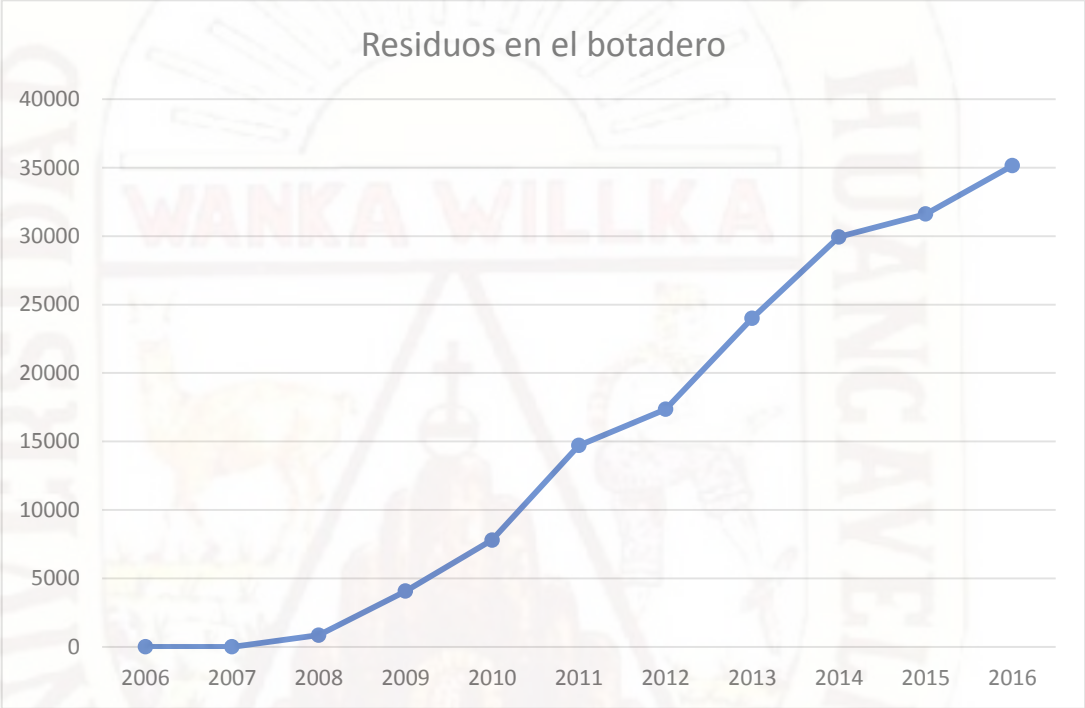
El aumento de la cantidad de residuos en las calles, incrementa la necesidad de cobertura por parte de la empresa oficial, lo que influye en la cantidad de equipo recolector (personas y camiones recolectores).

Figura.12. Comportamiento histórico de residuos en las calles

Fuente: INEI, 2007

De la misma manera, con la consecuencia de crecimiento poblacional y por la falta de usuarios recicladores, aumenta la cantidad de residuos generados; por lo tanto crece acumulación de residuos sólidos en el botadero municipal, este último genera efectos en la contaminación ambiental teniendo consecuencias finales negativos en la calidad de vida de la población. Estos datos fueron recolectados de las fuentes primarias como estudio de campo conjuntamente con los administradores de residuos sólidos de la municipalidad provincial.

Figura.13. Comportamiento histórico de residuos en el botadero municipal



Fuente: INEI, 2007

c. Diagrama de influencias integrado de los tres subsistemas.

En los tres ítems anteriores hemos formulado y evaluado los tres subsistemas que hemos organizado funcionalmente el modelo: el subsistema generación de residuos sólidos, gestión y disposición final de residuos sólidos. Por cada componente hemos analizado el comportamiento

Ahora vamos a estudiar, validar y analizar el diagrama de influencias integrado en modelo completo. Entonces vale aclarar, aquí surge una de las propiedades sistémicas llamados “propiedades emergentes”, donde aparecerán y desaparecerán

variables, por lo tanto, algunas variables descritas en subsistemas anteriores no van ser consideradas en el modelo integrado.

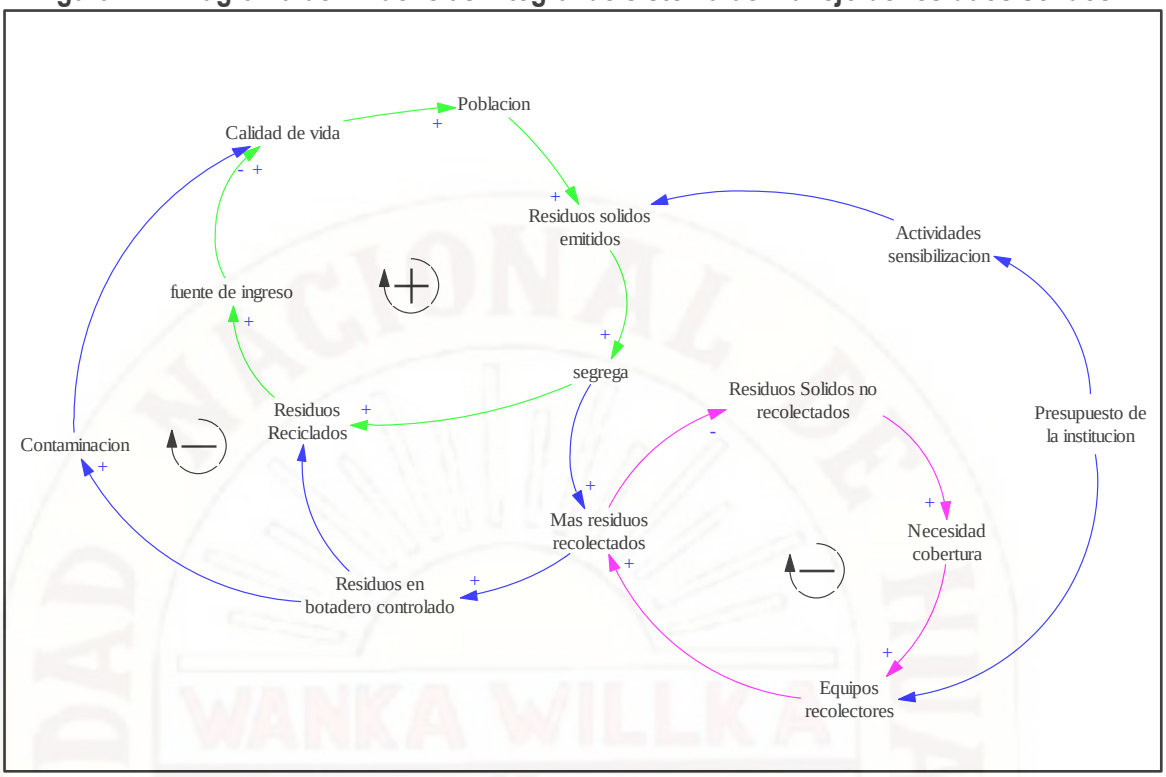
En el siguiente modelo, inicialmente existe una población inicial en un momento determinado, de ello se genera movimientos que aumentan y disminuyen como los nacimientos y mortalidad respectivamente.

La representación del sistema integrado objeto de análisis puede ser entendida como se presenta a continuación: Ante un aumento en la población, se presenta un aumento en la cantidad de residuos generados, de igual forma como respuesta de los sistemas de recolección, se presenta un aumento en la cantidad de basura recolectada, lo que acrecienta la cantidad de disposición de residuos en los basureros; por el efecto de estos en el ambiente, la contaminación crece y genera un deterioro en la calidad de vida de la población de modo que se afecta negativamente su crecimiento.

La presión que genera el aumento de la cantidad de residuos generados por la población sobre los sistemas de recolección, hacen que estos deban recoger una mayor cantidad de residuos, con lo cual logran reducir la cantidad de residuos que son dispuestos en las calles, por lo que se podrá pensar que se puede relajar la necesidad de cobertura, con menos cantidad de personal para recolección y menos camiones de recolección, lo que los dejará con poca capacidad de recolección para enfrentar el crecimiento de la población.

Con base en las relaciones definidas en el siguiente diagrama integrado se definen una serie de relaciones relevantes, es decir, los factores que se afectan en el sistema del caso de estudio.

Figura.14. Diagrama de influencias integral de sistema de manejo de residuos solidos



Fuente: elaboración propia, software Vensim

1.2. Fase de formulación

En esta fase, luego de haber construido el diagrama de influencias del sistema y haber analizado por separado los subsistemas en la sección anterior, se procede su formulación de forma integrado.

Formulación con ayuda de lenguaje sistémico formal, es decir el establecimiento de diagrama de forrester a partir del cual obtener las ecuaciones matemáticas del modelo integrado que hace el puente entre la hipótesis dinámica (diagrama de influencias) y modelo cuantitativo.

1.2.1. Diagrama de Forrester integrado

Una vez clasificados los elementos que aparecen en el diagrama de influencias en variables de estado, flujos y auxiliares; estamos en disposición de obtener, a partir del diagrama de influencias lo que se conoce como Diagrama de Forrester, que es uno de los instrumentos básicos de la dinámica de sistemas.

Además, el comportamiento del sistema que se está analizando mediante el diagrama de influencias está en condiciones de expresarlo en forma de Diagrama de Flujos y Stock con el objetivo de construir el modelo matemático correspondiente que nos permita su simulación. Esto implica que a partir de las relaciones de influencias

entre los atributos que caracterizan a las partes que componen el sistema y de los bucles de retroalimentación identificados, expresaremos o transcribiremos dichas relaciones de influencias con el apoyo de la Dinámica de Sistemas a sistemas dinámicos que nos permitirá generar su comportamiento mediante fórmulas matemáticas que den cuenta del tipo y magnitud de cada una de las relaciones entre variables, asignando valores y parámetros de acuerdo con los datos relevados sobre el sistema real.

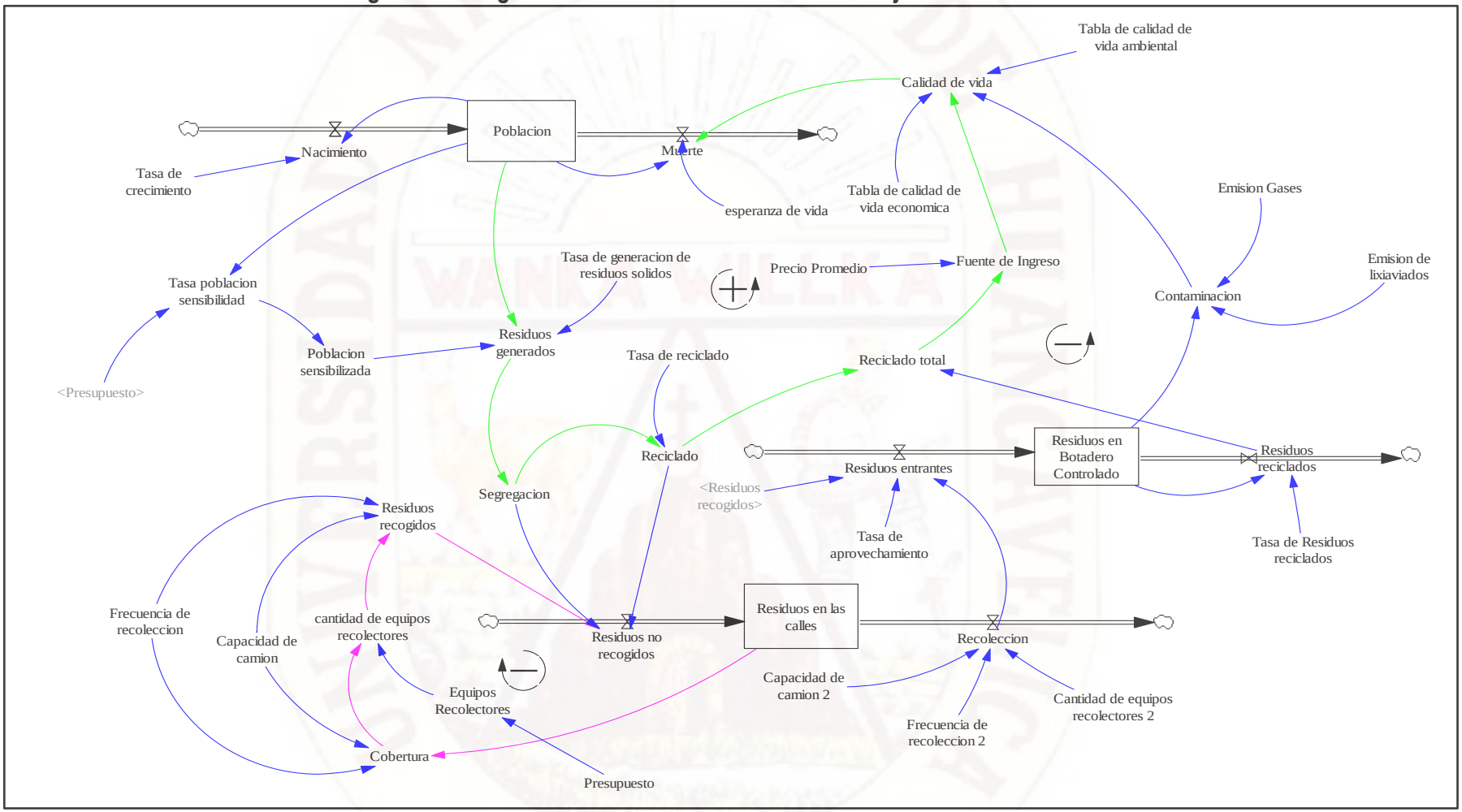
Para ello usaremos Software Vensim® el cual requiere graficar las relaciones influencias, mediante diagramas de forrester. El software además nos facilitará la especificación de las fórmulas matemáticas.

Al observar atentamente el diagrama de flujos y stocks que se muestra, se cuenta ya con una vista panorámica del sistema bajo análisis que permite extraer algunas conclusiones.

Lo primero que se advierte es la existencia de tres grandes y principales bucles de retroalimentación. Esto proporciona una clara idea de cómo, si algunas de las variables involucradas sufriesen un cambio, repercutiría no solo en el resto del sistema, sino que, al cabo de un tiempo, los cambios repercutirían sobre la misma variable donde la modificación se originó.

En la figura anterior se remarcan sobre el diagrama de flujos y stocks bucles con otro estilo y color de línea distinto de lo normal, de manera que puedan visualizarse con facilidad.

Figura.15. Diagrama de forrester de sistema de manejo de residuos solidos



Fuente: elaboración propia , software Vensim

1.2.2. Estructura del modelo

En este apartado recogemos, a modo de resumen, el conjunto de ecuaciones de las variables y parámetros que constituyen el modelo y que han sido descritas en los tres anteriores ítems.

a. Variable nivel

Las tres variables de nivel que caracterizan el modelo son la *población total, Residuos en las calles y Residuos en botadero controlado.*

Población: Como ya se ha dicho anteriormente, en la población influyen dos variables de flujo: Nacimientos y Muertes. Así, su fórmula está definida como:

Población = Nacimientos – Muertes

Cantidad de residuos en las calles: Este nivel representa todos los desechos que no fueron recolectados por la empresa oficial y que quedan en las calles para ser recogidos por otra compañía. Desechos no recolectados y Reducción son las variables que afectan este nivel.

Cantidad de desechos en las calles = IF THEN ELSE (Desechos no recogidos - Recolección<0, 0, Desechos no recogidos - Recolección)

Cuando el número de desechos que la empresa oficial no pudo recoger es menor que aquellos que la compañía alterna recolectó, no habrá desechos en las calles, en caso contrario estará la diferencia entre los que se pudieron recoger y los que no.

Residuos en botadero controlado: Representa el basurero inicial antes de ser clausurado. Las variables Residuos entrantes y Residuos reciclados, son los factores que influyen en este nivel.

Residuos en botadero controlado = Residuos entrantes - Residuos reciclados

Según la información de fuentes primarias, existe botadero controlado donde se almacena los residuos sólidos, una parte de ellas son reciclados y el resto son acumulado permanentemente y no existe descomposición.

Las cuales ya fueron explicados en los apartados anteriores de manera más detallada.

b. Variable flujo

Se definieron seis variables de flujo para el diagrama de Forrester:

Nacimientos: Corresponde al flujo de entrada del nivel Población, representando la cantidad de personas que nacen en la ciudad cada día. Esta variable está influenciada por: tasa de natalidad y población.

Nacimientos = Población*Tasa de crecimiento

Muertes: Comprende el flujo que disminuye el nivel Población, como la cantidad de personas que mueren al día. Población, calidad de vida y esperanza de vida son las variables que influyen.

Muertes = (esperanza de vida + Calidad de vida) *Población

Residuos entrantes: Representa el flujo de desechos que entran al nivel Vertedero – disposición de desechos, y corresponde a todos los desechos recolectados, tanto de la compañía oficial como de la empresa alterna. Las variables que afectan este flujo son: Tasa de aprovechamiento, Cantidad de desechos recolectados y Recolección.

Residuos entrantes = (Recolección + Cantidad de desechos recogidos) *(1 - Tasa de Aprovechamiento)

Residuos reciclados: Es el flujo de salida del nivel Residuos en botadero controlado, representando el almacenamiento de residuos. Residuos en Botadero Controlado y Tasa de Residuos reciclados son las variables que influyen en este flujo.

Residuos reciclados = Residuos en Botadero Controlado*Tasa de Residuos reciclados

Desechos no recogidos: Representan todos los residuos que la compañía oficial no pudo recolectar por falta de capacidad, diariamente. Este flujo está influenciado por las variables: Segregación, Reciclado y Residuos recogidos

Desechos no recogidos = Segregación – Reciclado - Residuos recogidos

Recolección: Representan los desechos que la entidad recolectora puede cubrir con su capacidad, disminuyendo el nivel Cantidad de residuos en la calle,

diariamente. Las variables que afectan a este flujo son: Cantidad de equipos recolectores 2, Capacidad de camión 2 y Frecuencia de recoleccion 2

Recolección = Cantidad de equipos recolectores 2*Capacidad de camión 2*Frecuencia de recoleccion 2.

c. Variables auxiliares y constantes

A continuación, se explicaremos algunas variables auxiliares más relevantes dentro del modelo y las constantes son representados en forma de tabla.

Calidad ambiental: Esta variable representa la forma cómo la contaminación puede llegar a afectar la calidad de vida de los habitantes de la zona y se define como la tasa de disminución de dicha calidad. Se definieron unos valores con base en los datos que puede tomar la contaminación, el cual es el factor que más influye en este indicador.

Calidad ambiental = Tabla de Calidad (Contaminación)

Emisión de lixiviados: Este es uno de los factores que influyen en la contaminación y es consecuencia principal de la disposición final de los residuos. Dado que en los artículos revisados no se encontró un valor exacto de este parámetro, sino valores que oscilaban entre 0.01 y 0.1 emisiones al día, por lo que se utilizó la función RANDOM para representarlo.

Emisión de lixiviados = RANDOM UNIFORM (0.01, 0.1, 0.001)

Emisión de gases: Al igual que para el anterior parámetro, no se encontró un valor exacto sino varios que oscilaban entre 0.04 y 0.1.

Emisión de gases = RANDOM UNIFORM (0.04, 0.1, 0.001)

Contaminación: Esta variable representa el nivel de contaminación que generan el botadero controlado en cuanto a los agentes más contaminantes como lo son las emisiones.

Contaminación = (Emisión de lixiviados + Emisión Gases) *Residuos en Botadero Controlado:

Contaminación	Calidad de vida
1,00E+05	0,0001
5,00E+05	0,00015
1e+006	0.0002
5e+006	0.00025
1e+007	0.0003
5e+007	0.00035
1e+008	0.0004
5e+008	0.00045
1e+009	0.0005
5e+009	0.00055

Cantidad de residuos generados: Esta variable representa el número de residuos que la población genera y que será la base para determinar el número de residuos que van directamente al botadero.

Cantidad de residuos generados = Población*Tasa de generación de residuos sólidos-Población sensibilizada

Cantidad de residuos recogidos: Con esta variable se representa el número de residuos que la entidad local puede cubrir con el equipo que cuenta cada día.

Cantidad de desechos recolectados = (Cantidad equipos recolectores*Capacidad de camión*Frecuencia de recolección)

Frecuencia de recolección: Las veces que esta designado un camión recolector para recorrer la ciudad diariamente, están representadas en esta variable. Dado que un camión puede hacer de 1 a 2 recorridos por día, se utiliza la función RANDOM para simular esta situación.

Frecuencia de recolección = RANDOM UNIFORM (1, 2, 1)

Fuente de ingreso: Con esta variable se representa el ingreso que genera el reciclaje de residuos sólidos que realiza la población diariamente tanto en el domicilio y en el botadero controlado.

Fuente de ingreso = Precio Promedio*Reciclado total

Reciclado: Con esta variable se representa el reciclaje que realiza la población diariamente después de realizar las actividades de segregación.

Reciclado = Segregación*Tasa de reciclado

1.3. Fase de evaluación

Una vez construido nuestro modelo matemático, en esta etapa procederemos a ensayar, por medio de simulaciones, las hipótesis sobre las que se ha construido, así como la consistencia entre las mismas.

En esta etapa, además, antes de utilizar el modelo, debe ser calibrado o validado, la cual implica probarlo y ajustar parámetros de manera que sus resultados se asemejen a la realidad o, dicho de otra manera, que cuando se lo simula produzca cómo resultado estados del sistema semejantes a los del comportamiento real.

Para ello analizaremos los siguientes aspectos:

- Validación del modelo
- Análisis de sensibilidad.

1.3.1. Validación del modelo

Válido, significa fundamentado por la verdad objetiva, porque todos los modelos son más o menos erróneos. Por tanto, se lleva a construir pruebas de validación orientadas a probar que el modelo es correcto, se realiza múltiples pruebas para contrastar su validez como contrastar los múltiples puntos de contacto entre el modelo y la realidad, apelando a fuentes de datos variadas y a diversas pruebas.

La validación de la arquitectura del modelo abarca dos fases: la verificación estructural y la validación del comportamiento.

a. Verificación de la estructura

Es la validación interna del modelo, que significa asegurarse de que sus ecuaciones son técnicamente correctas.

El software Vensim incluye una herramienta útil para verificar el funcionamiento del modelo, el Reality Check. Un Reality Check no es una verificación de ajuste el modelo a la realidad, sino que es una verificación del comportamiento lógico del modelo. Los Reality Cheks nos permiten analizar la robustez del modelo ante situaciones extremas.

Este es un proceso trivial, como ya hemos indicado en los apartados anteriores, que se puede constatar aplicando las facilidades Check Model, Check Syntax y

Units Check de Vensim® Ple Plus sobre las ecuaciones del modelo integrado que se incluyen en el Anexo.

b. Validación del comportamiento

Es la validación externa del modelo. La validación consiste en cotejar la adecuación entre el comportamiento del modelo simulado y los requerimientos previstos por los usuarios finales. En otras palabras, comparar la ejecución del modelo programado con lo esperado, es decir, si se ha construido el modelo correcto.

El objetivo es comprobar la similitud entre el comportamiento generado por el modelo y el del observado y/o previsible del sistema real. Para ello conviene analizar si el modelo reproduce, o no, los síntomas que han motivado su construcción; si el modelo recrea las frecuencias, fluctuaciones y fases previstas.

Para validar el comportamiento hemos definido dos métodos: la reproducción del comportamiento previsto y el análisis de sensibilidad.

- **Reproducción del comportamiento previsto**

  Este proceso lo evaluaremos el modelo integrado, basado en los modos de referenciad del comportamiento ya explicados en las secciones anteriores.

  Para ello consideramos el periodo de evaluación temporal:

  Tiempo de periodo inicial = 2006
  Tiempo de periodo final = 2016
  El modelo ha sido preparado para mostrar los estados del sistema desde 2006 al 2016.

  Sin embrago, período comprendido entre 2006 hasta el 2016 sirve para corroborar el funcionamiento del modelo al permitirnos comparar sus resultados con las estadísticas que de la realidad se han obtenido durante aquellos años.

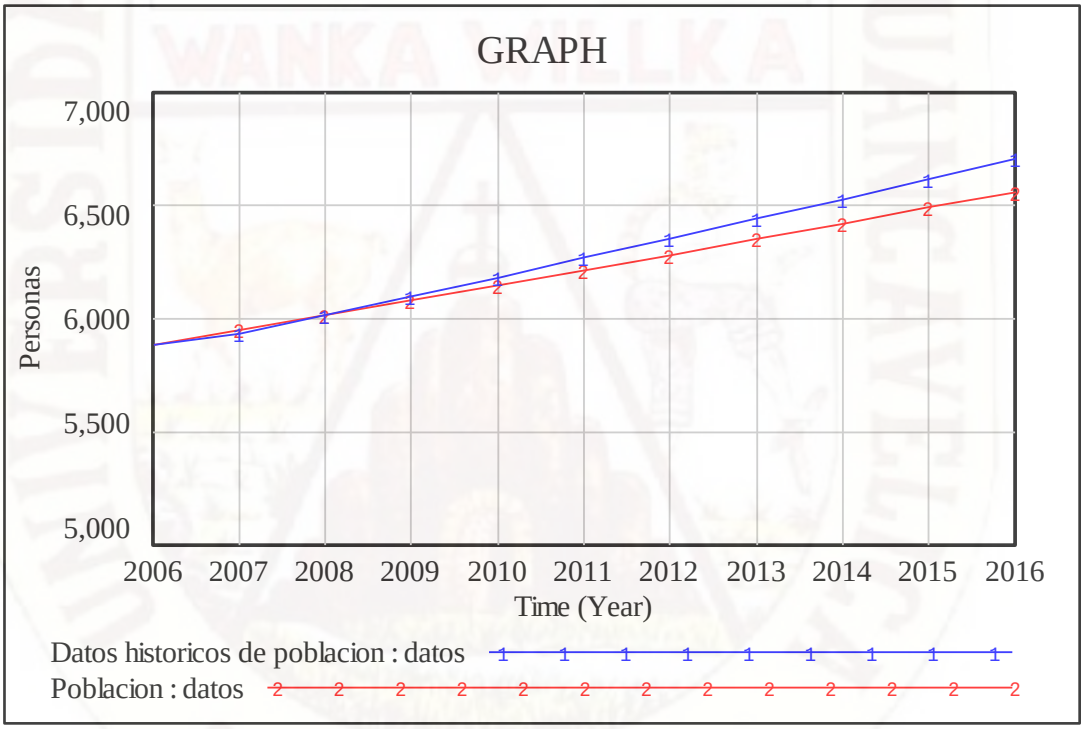
  Y el periodo de 2016 al 2026 para aprender y evaluar cómo las acciones en el presente pueden desencadenar reacciones en el transcurso del tiempo.

Evolución de la población de la Zona urbana de Pampas

El movimiento poblacional es susceptible de ajuste y calibración mediante su simulación para un período de tiempo anterior al actual o sea del año 2006 al 2016 y su comparación con los datos estadísticos reales existentes de dicho período.

La simulación de la variable nivel *población total* del modelo integrado ya se encuentra calibrado y comprobado. Por tanto, nos muestra un comportamiento visiblemente más similar o apropiado a los modos de referencia de los datos estadísticos reales de la población de la zona de estudio.

Figura.16. Simulación del comportamiento del modelo y datos históricos de la población urbano

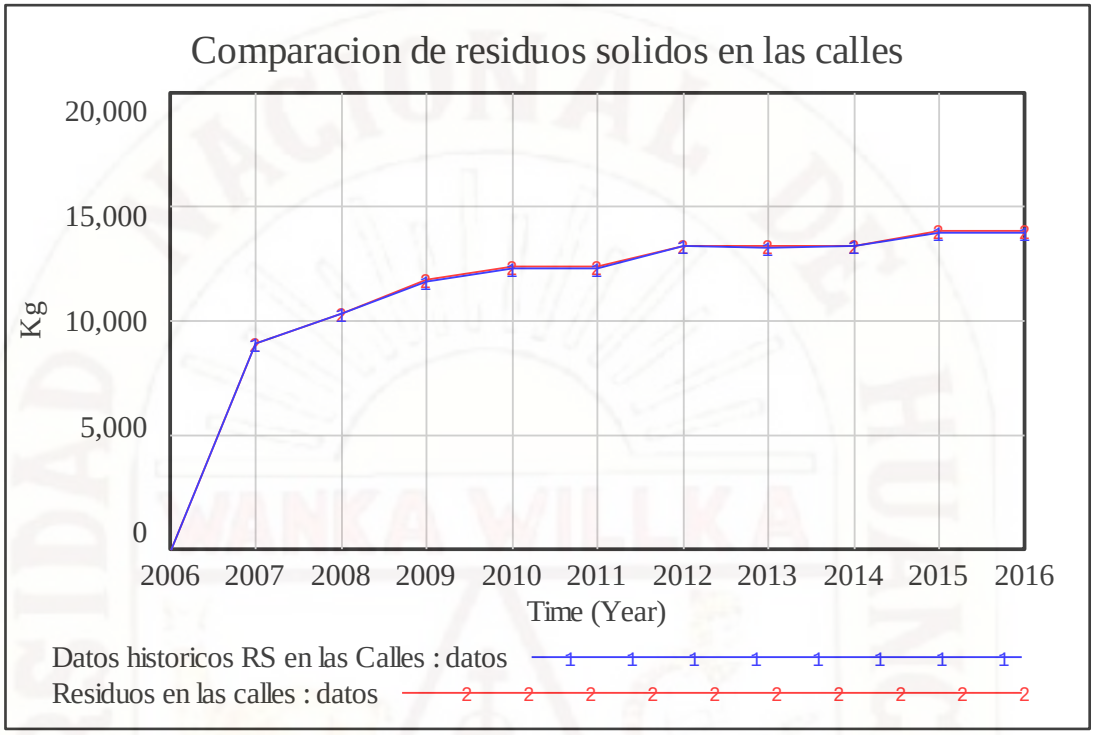


Fuente: Software Vensim

Evolución de residuos sólidos en las calles

En el siguiente grafico nos muestra la contrastación del comportamiento de la variable nivel *Residuos sólidos en las calles* en el modelo y los datos históricos obtenidos de las fuentes primarias. Las cuales nos muestra un comportamiento visiblemente más similar o apropiado a los modos de referencia de los datos estadísticos reales.

Figura.17. Simulación del comportamiento del modelo y datos históricos de residuos sólidos en las calles



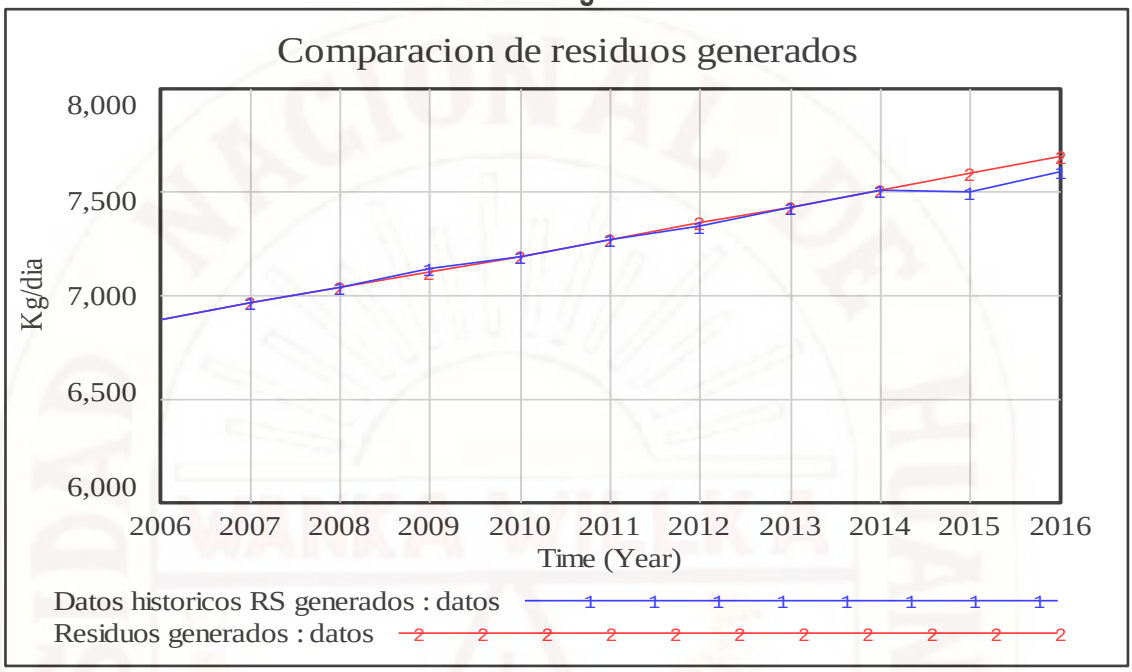
Fuente: Software Vensim

Evolución de Residuos Sólidos Generados

La otra variable que es ajustado y calibrado mediante su simulación para un período de evolución considerado del año 2007 al 2016 y su comparación con los modos de referencia de los datos estadísticos reales existentes de dicho período, es la variable cantidad de *residuos sólidos generados* por cada habitante por día. Se adapta de manera aceptable al comportamiento esperado, para ello bastó ajustar la influencia de los factores involucrados a la misma.

Su evolución nos muestra en el siguiente gráfico, con un comportamiento más similar o apropiado a los modos de referencia de los datos estadísticos reales.

Figura.18. Simulación del comportamiento del modelo y datos históricos de residuos sólidos generados



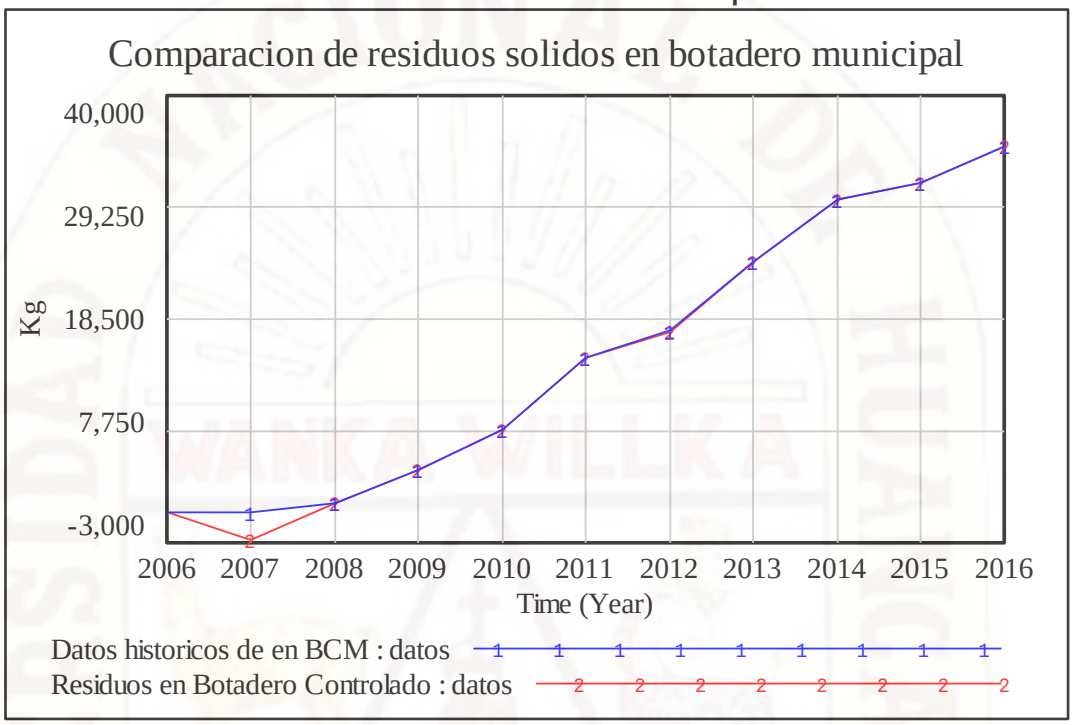
Fuente: Software Vensim

Evolución de Residuos Sólidos en el Botadero Controlado

El variable de *Residuos en el botadero controlado* es calibrado y comprobado para el periodo de evolución. Se adapta de manera aceptable y confiable al comportamiento esperado de los datos reales, que se adecua de mejor manera a los correspondientes modos de referencia.

Su evolución nos muestra en el siguiente gráfico, con un comportamiento más similar o apropiado a los modos de referencia de los datos estadísticos reales.

Figura.19. Simulación del comportamiento del modelo y datos históricos de residuos sólidos en el botadero municipal



Fuente: Software Vensim

1.3.2. Análisis de sensibilidad del modelo

Este análisis posterior a la construcción y ajuste del modelo se conoce como Análisis de Sensibilidad.

Dada la incertidumbre que rodea a muchos proyectos de tesis, se hace indispensable llevar a cabo un análisis de sensibilidad del modelo.

La finalidad de esta fase es examinar la consistencia del modelo ante cambios en los valores de los parámetros o variables inciertos.

Variables inciertas son aquellas sobre las que no es posible disponer de información o proyección confiable, debido a probables restricciones en la información o porque no se cuenta con métodos de cálculo más precisos.

Se busca constatar si posibles cambios en los parámetros del modelo pueden causar, o no, desviaciones en las pruebas de comportamiento ya realizadas. Se emplea para

analizar el impacto que causan los diferentes valores de los parámetros sobre el comportamiento del sistema.

Por lo tanto, el objetivo de esta fase es poder analizar cómo el cambio de una variable incide en el resultado y detectar las variables críticas que más afectan al resultado, para las cuales el modelo es más sensible; y localizar las variables que tienen poca influencia en el comportamiento del modelo.

Entonces, en este apartado se muestran los resultados del análisis de sensibilidad multivariante con el método Monte Carlo que ofrece la aplicación Vensim® PLE Plus. Con criterio general realizaremos 200 simulaciones con una distribución uniforme aleatoria (RANDOM_UNIFORM), que es la recomendada para la mayoría de los análisis, salvo que concurra alguna circunstancia que sugiera otra distribución. Como la distribución comúnmente usada es la Distribución Normal (Campana de Gauss) en la que los valores cercanos a la media son más probables que ocurran que los valores lejos de la media.

Parámetros inciertos del modelo

Las variables aleatorias que si va considerar son las variables que influyen en forma más decisiva en el comportamiento de nuestro modelo dinámico, para el presente proyecto de la tesis será: *tasa de generación de residuos sólidos*, *tasa de reciclado*, *presupuesto para el manejo de residuos sólidos*, *emisión de gases, frecuencia de recolección y capacidad de camión.*

Cabe aclarar que, algunos de los parámetros no serán objeto del análisis porque son coeficientes que nos ayudan a ajustar el modelo para su verificación, como *tasa de nacimientos, capacidad de camión, tasa de aprovechamiento, calidad de vida ambiental y tabla de calidad de vida económica.*

Vamos a realizar un análisis de sensibilidad de las variables *Residuos Generados, Residuos en Botadero Controlado y Residuos reciclados en total,* en función de los parámetros inciertos mencionados, sobre la base de los valores estipulados y con una variación del 25%.

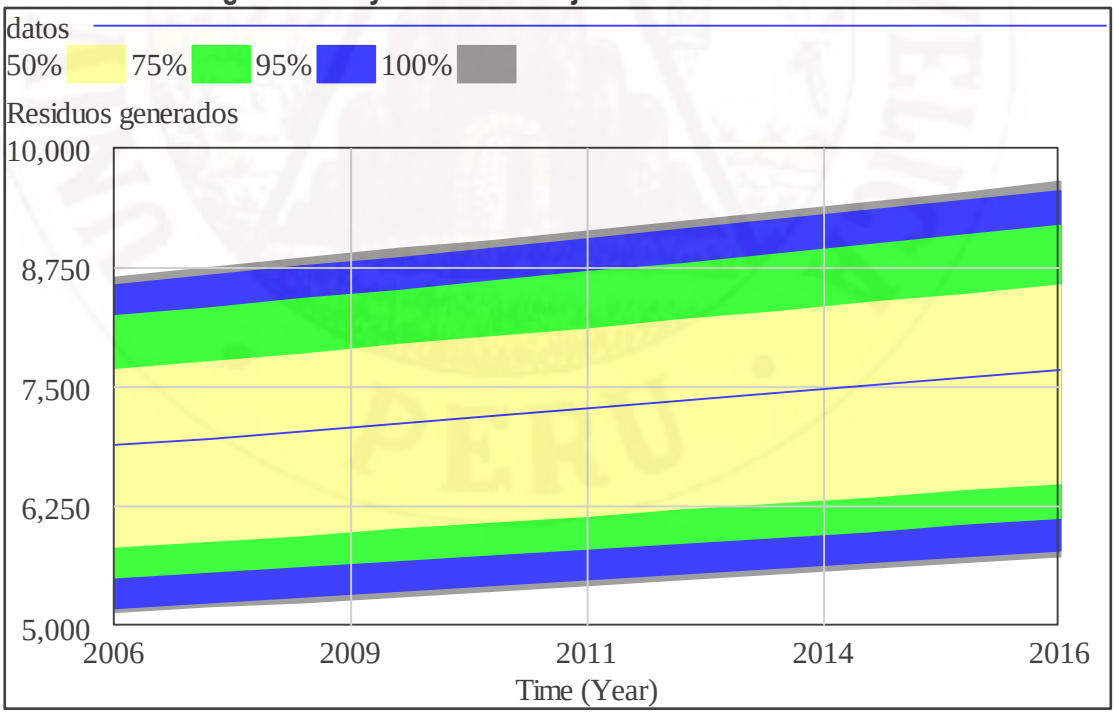
En las figuras siguientes, podemos ver el resultado del análisis de sensibilidad multivariante de las variables *Residuos Generados, Residuos en Botadero Controlado y Residuos reciclados en total*, en función de los parámetros *Tasa de*

residuos generados con el valor estipulado 1.17 considerado en el rango que varía un 25% mínimo y máximo [0.87, 1.87] de porcentaje. El variable *tasa de reciclado*, con el valor estipulado 0.2 considerado en el rango que varía un 25% mínimo y máximo [0.15, 0.25] de porcentaje. Y el variable *presupuesto*, con el valor estipulado 395000 soles considerado en el rango que varía un 25% mínimo y máximo [*296 250*, *493 750*] de porcentaje.

Los límites de confianza son indicados por colores de cada porcentaje de simulación, donde las franjas de color amarillo pálido indican el rango de valores donde pueden encontrarse el 50% de los resultados de la simulación, las franjas verdes el 75% de los resultados y las franjas azules el 95%.

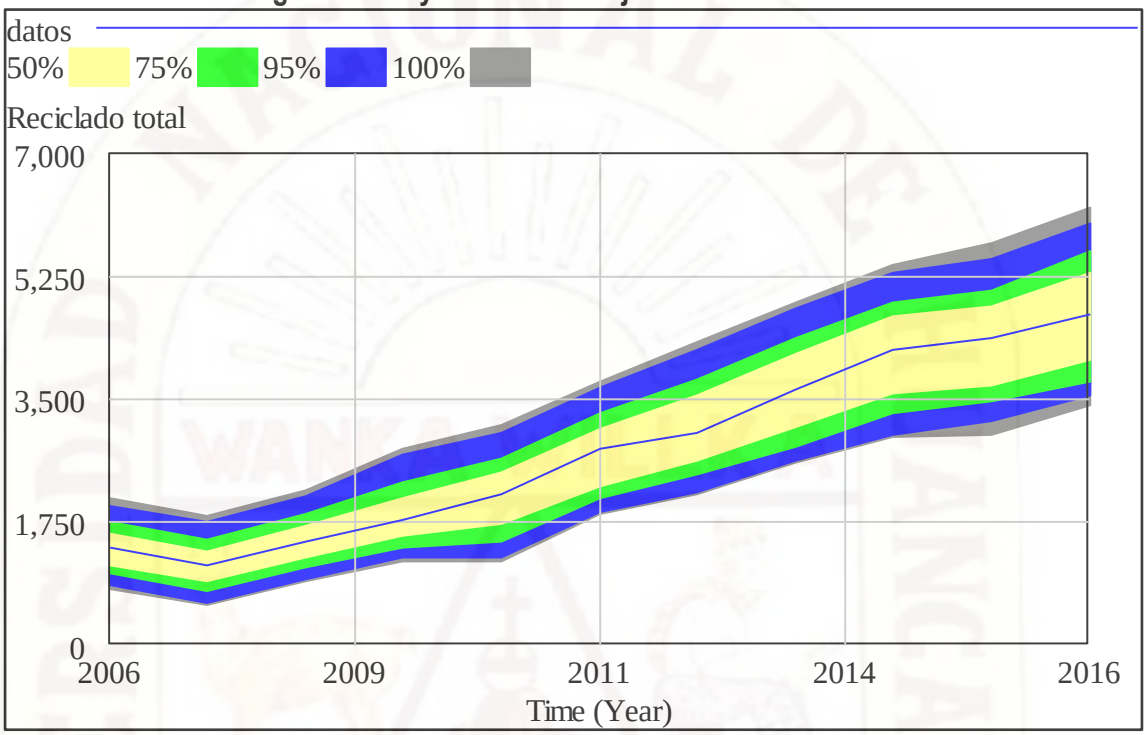
En las figuras 20, 21 y 22 podemos ver el resultado del análisis de sensibilidad multivariante de las variables *residuos generados, residuos reciclados en total y residuos sólidos en el botadero*, en función de los parámetros *Tasa de residuos generados* con el valor estipulado 1.17 considerado en el rango que varía un 25% mínimo y máximo [0.87, 1.87] de porcentaje. El variable *tasa de reciclado*, con el valor estipulado 0.2 considerado en el rango que varía un 25% mínimo y máximo [0.15, 0.25] de porcentaje

Figura.20. Análisis de sensibilidad de la generación de residuos sólidos en relación del tasa de generación y tasa de reciclaje de residuos sólidos.



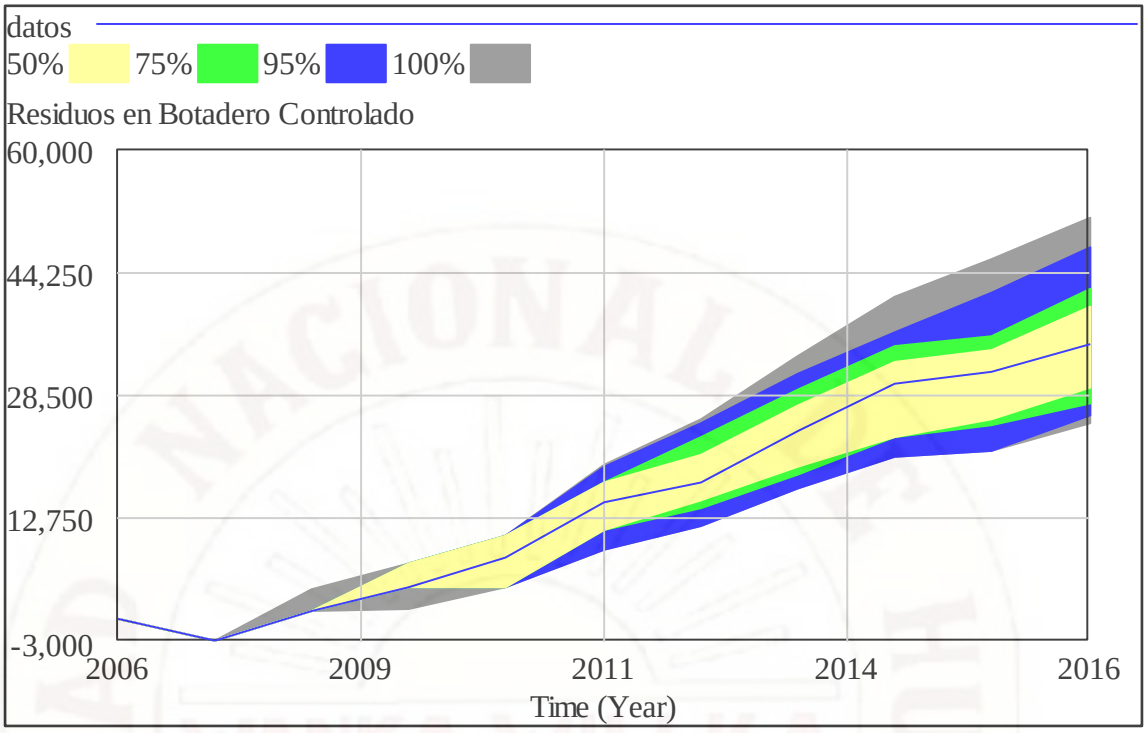
Fuente: software Vensim

Figura.21. Análisis de sensibilidad del reciclaje de residuos sólidos en total en relación de tasa de generación y tasa de reciclaje de residuos sólidos.



Fuente: software Vensim

Figura.22. Análisis de sensibilidad de residuos sólidos en el botadero municipal en relación de tasa de generación y tasa de reciclaje de residuos sólidos.

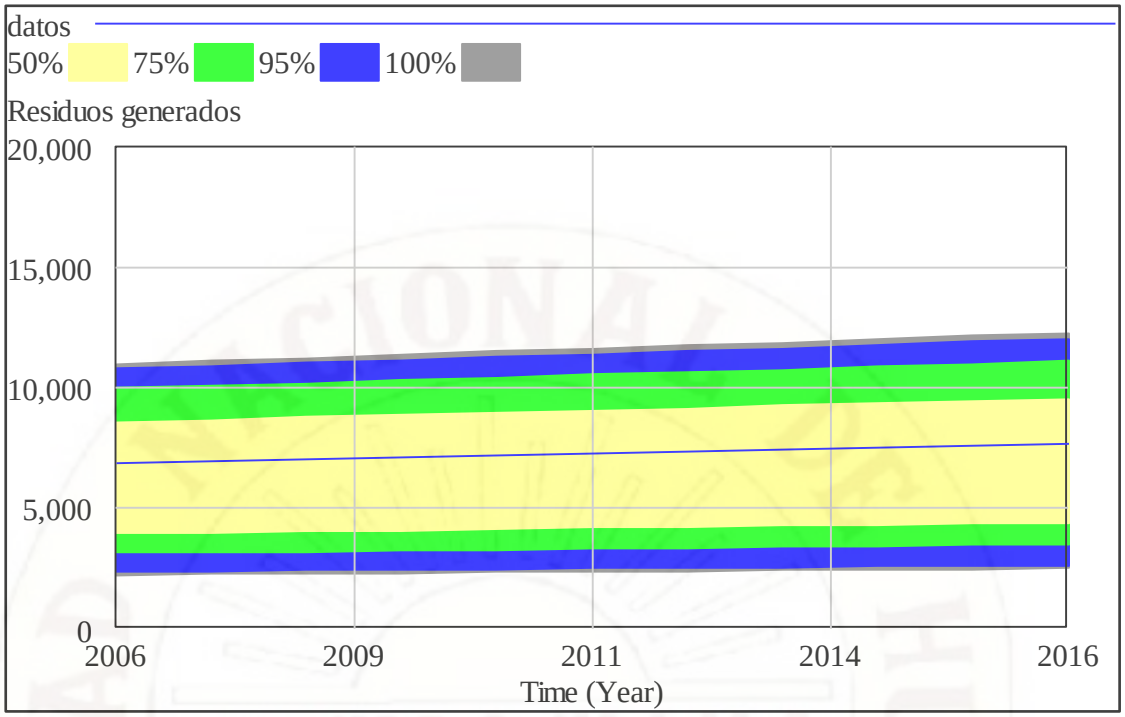


Fuente: software Vensim

Al analizar los límites de confianza de los parámetros *Tasa de residuos sólidos generados y Tasa de reciclaje*, podemos observar el modelo que tiende ser estable, esto se debe porque el rango de % de variación es mínimo; pero sin embargo al considerar al 60% de variación de valores de los parámetros, el modelo se vuelve más inestable al principio y al final del periodo de simulación, tal como muestra en las figuras 23, 24, 25. Lo que indica que *los residuos generados, residuos reciclados y residuos sólidos en el botadero municipal* son más sensibles a la incertidumbre en estos parámetros a medida que aumentamos el % de variación de los valores.

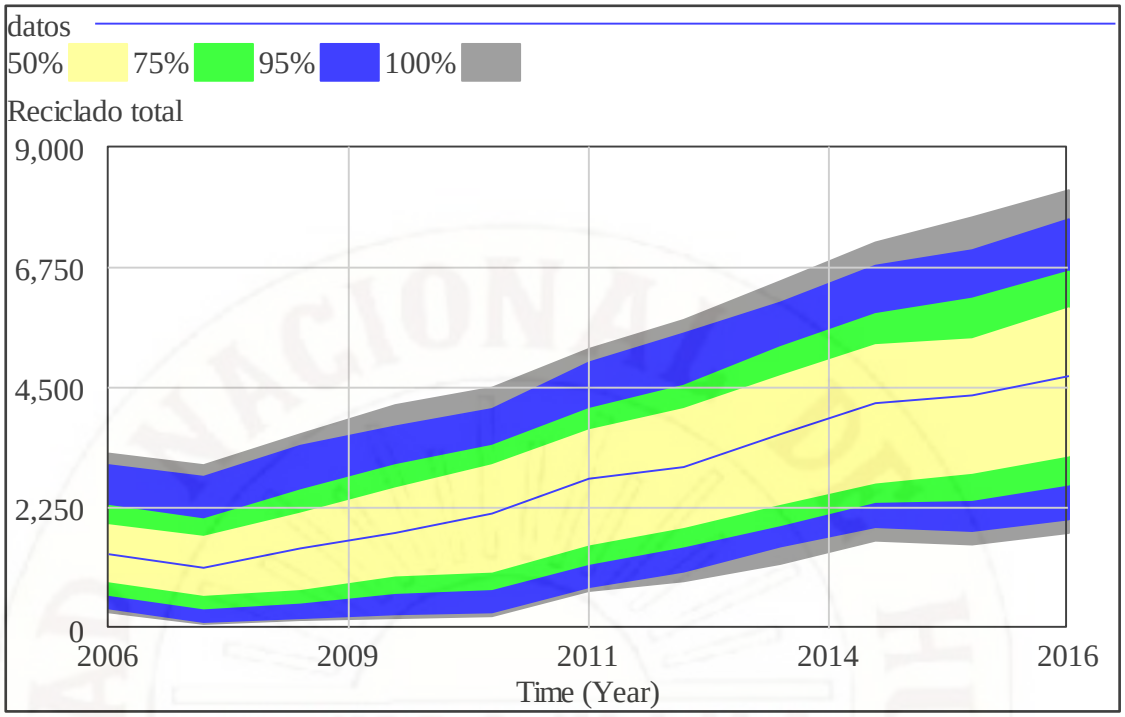
Igualmente, las franjas de color amarillo pálido indican el rango de valores donde pueden encontrarse el 50% de los resultados de la simulación, las franjas verdes el 75% de los resultados y las franjas azules el 95%.

Figura.23. Análisis de sensibilidad de residuos sólidos generados en relación de tasa de generación y tasa de reciclaje de residuos sólidos con rango de variación de 60%



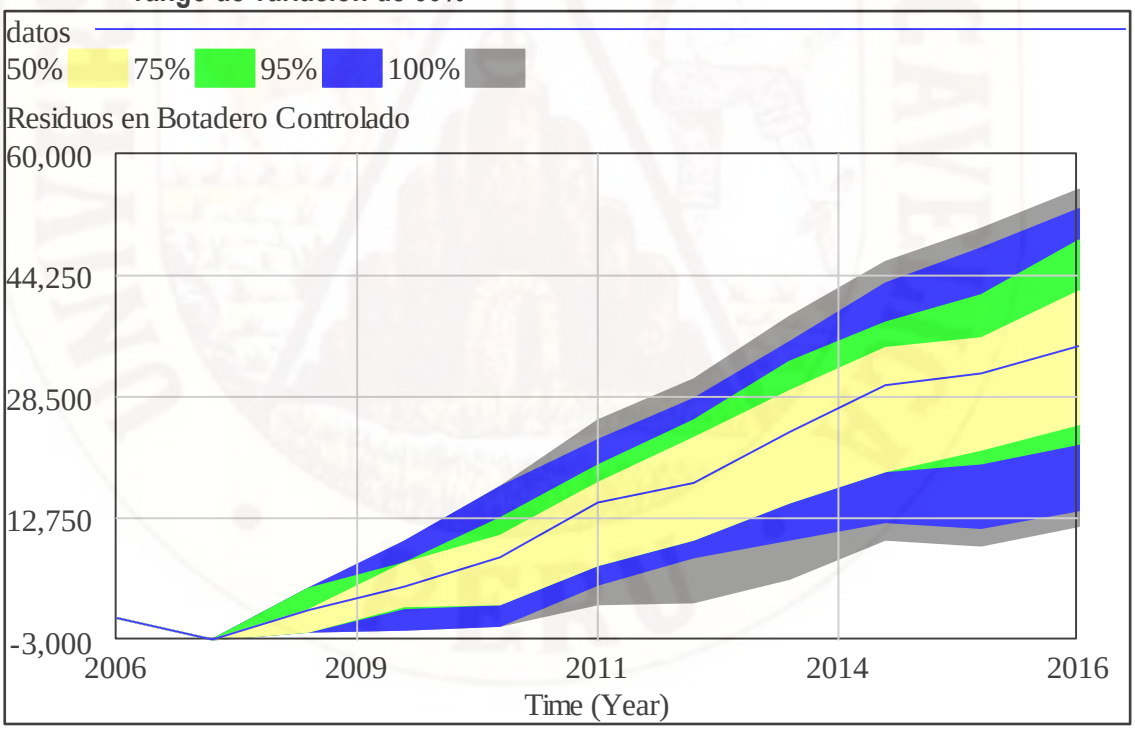
Fuente: software Vensim

Figura.24. Análisis de sensibilidad de residuos sólidos reciclados en relación de tasa de generación y tasa de reciclaje de residuos sólidos con rango de variación de 60%



Fuente: software Vensim

Figura.25. Análisis de sensibilidad de residuos sólidos en el botadero municipal en relación de tasa de generación y tasa de reciclaje de residuos sólidos con rango de variación de 60%



Fuente: software Vensim

1.3.3. Análisis de escenarios

Una vez validada la arquitectura del modelo, procedemos a aumentar la confianza en el mismo, comprobando su robustez y elasticidad medio del análisis del funcionamiento de una serie de escenarios alternativos y representativos.

a. Descripción de los escenarios

Vamos a trabajar con tres escenarios diferentes sobre la base del modelo evaluado en el apartado anterior, presentado en el Anexo 02, y los puntos clave de intervención detectados, para los cuales el sistema es sensible: los parámetros *Tasa de generación de residuos, Tasa de reciclado de residuos sólidos y presupuesto para el manejo de residuos sólidos*. En esta parte, el modelo será evaluado en condiciones extremas, aunque nunca se hayan dado o no se vayan a dar en el mundo real. Someter el modelo a tales situaciones ayuda a localizar defectos y facilita una mejor comprensión del mismo.

A cada escenario lo hemos denominado con un nombre que lo identifique y que evoque más fácilmente el contexto en el que se mueve. Los tres escenarios elegidos en este caso hemos definido por un lado el escenario en un nivel de estabilidad que hemos llamado "EQUILIBRIO" y por otro lado dos escenarios extremos, uno en un entorno ideal que hemos llamado "FAVORABLE" y otro, denominado "DESFAVORABLE", en condiciones adversas. A continuación, se describe con más detalle a los tres escenarios mencionados:

Escenario "Equilibrio"

El modelo ajustado en este apartado y que sirve de referencia para los demás escenarios. Responde a los modos de referencia establecidos y su arquitectura es la que ha sido validada en este capítulo.

Los valores básicos de los tres parámetros de intervención son:

Tasa de generación de residuos = 1.17 (Dmnl)

Tasa de reciclado de residuos sólidos = 0.2 (Dmnl)

Presupuesto para manejo de residuos sólidos = 395000 (soles)

- **Escenario "Favorable"**

Para nuestro escenario favorable, nos encontramos ante una comunidad más concientizada sobre manejo responsable de residuos sólidos para el cuidado del medio ambiente; basado en los criterios de las comunidades, instituciones y familias saludables. Además, con autoridades con capacidad de buscar el mejor desarrollo y crecimiento integro generando fuentes de empleo; y logrando la asignación mayor del presupuesto para el manejo de residuos sólidos.

Para ello hemos aumentado la cantidad de presupuesto y hemos reducido la tasa de generación de residuos sólidos e incrementamos la tasa de reciclaje. Entonces el valor de los parámetros es:

Presupuesto de salud = 493 750 (soles)

Tasa de generación de residuos sólidos = 0.37 (Dmnl)

Tasa de reciclaje = 0.32 (Dmnl)

- **Escenario "Desfavorable"**

En el otro extremo proponemos un escenario que tiende al caos y al desconcierto. Donde la comunidad no practica el reciclaje de residuos sólidos y convivencia saludable, desconoce los criterios de las comunidades, instituciones y familias saludables. Tienen autoridades incompetentes que trabajan en forma desconcertada y que no generan desarrollo ni crecimiento.

Para ello hemos reducido la cantidad de presupuesto de salud y hemos aumentado la tasa de generación de residuos sólidos y hemos reducido la tasa de reciclaje de residuos sólidos. Entonces el valor de los parámetros es:

- *Presupuesto = 296 250 (soles)*
- *Tasa de generación de residuos sólidos = 1.87 (Dmnl)*
- *Tasa de reciclaje = 0.12 (Dmnl)*

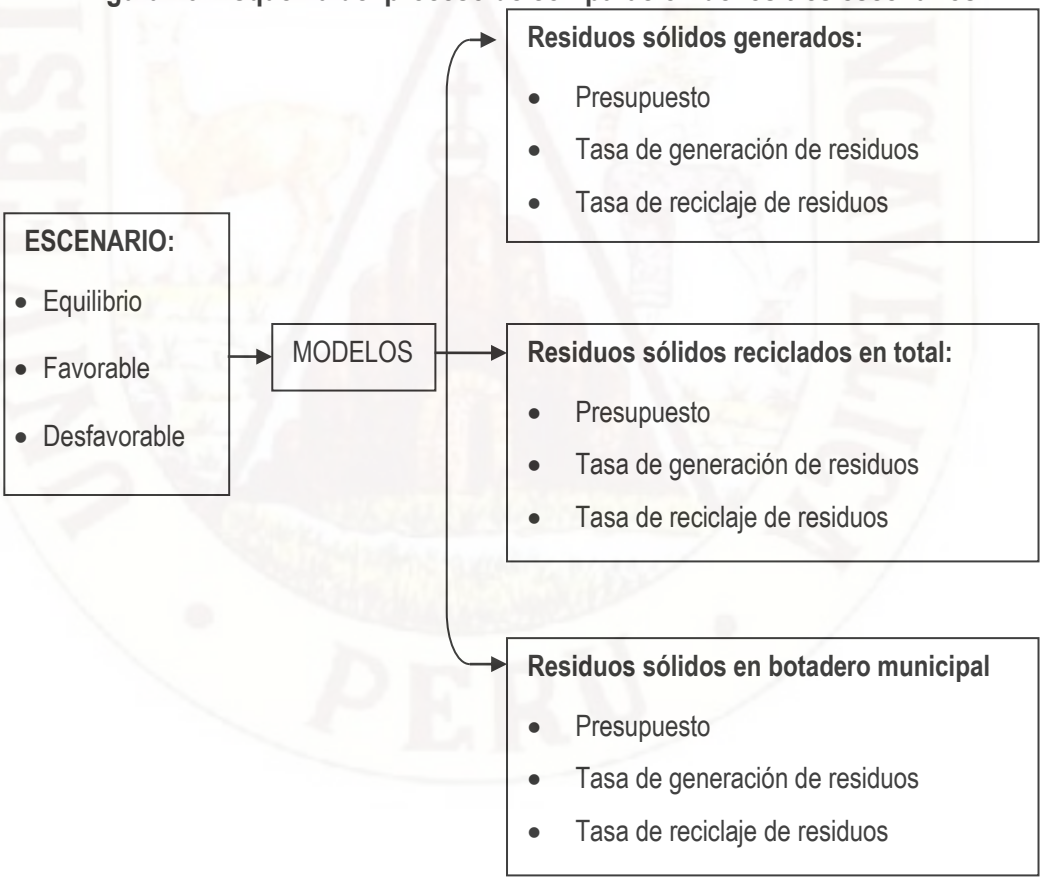
b. Comportamiento comparado de los escenarios

Las variables claves que van a constituir el conjunto de indicadores que nos van mostrar en el comportamiento de cada uno de los escenarios del modelo serán: los variables auxiliares *Residuos Generados, Residuos Reciclados y* el variable nivel *Residuos sólidos en el botadero municipal*. Entonces estas variables nos van ayudar a entender ciertos comportamientos de determinados escenarios no previsto y contribuir a afianzar la confianza en el modelo.

En la siguiente figura mostramos el esquema del proceso de comparación de los tres escenarios.

Entonces en el modelo actuaremos sobre los tres puntos claves de intervención que definen los tres escenarios (*Presupuesto, Tasa de generación y Tasa de reciclaje*) y obtendremos una visión del comportamiento con las tres variables señalados en el párrafo anterior.

Figura.26. Esquema del proceso de comparación de los tres escenarios



En la tabla siguiente presentamos el resumen de los escenarios. Por un lado, recoge los valores de los tres parámetros especificados para cada

escenario. Y por otro, la representación utilizada para cada escenario en cada una de las gráficas del comportamiento de las variables.

Tabla 1. Notación de los valores de los tres escenarios

Escenario	Valores	Variación	Líneas de las graficas
Equilibrio	(395000;1.17;0.2)	100%	--2--
Favorable	(*493 750*;0.37;0.32)	25%	--3--
desfavorable	(*296 250*;1.87;0.12)	25%	--1--

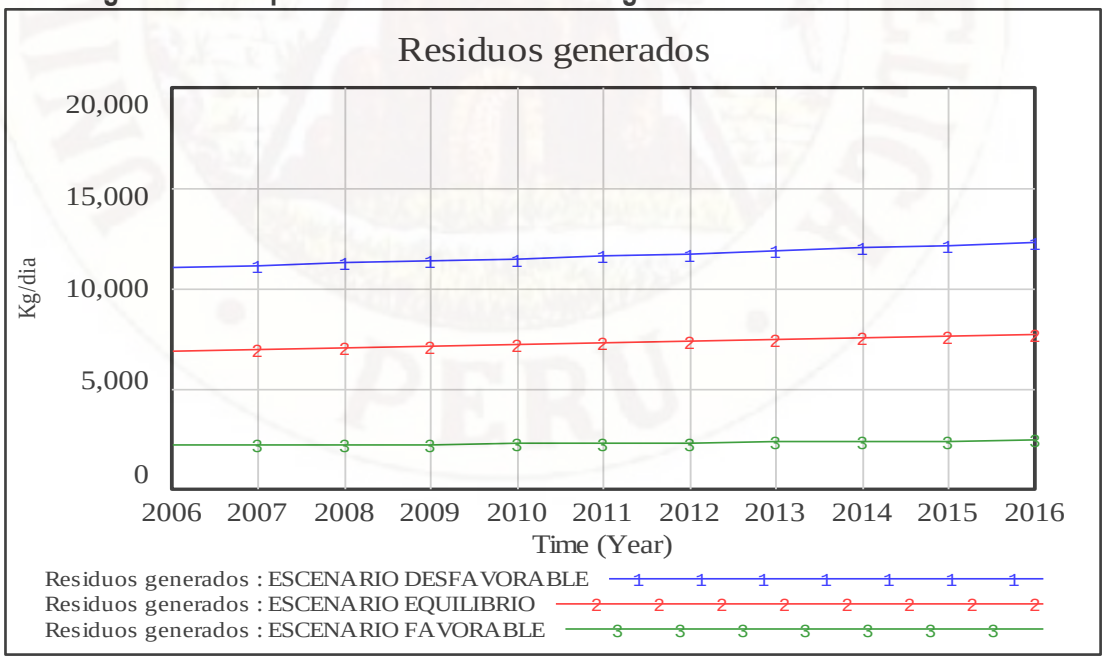
Fuente: elaboración propia

En primer lugar, mostraremos el comportamiento de la *Residuos sólidos generados.* A continuación, presentaremos el resultado de los *residuos sólidos reciclados en total*. Y por último los resultados de *residuos sólidos en el botadero municipal.*

- **El variable de residuos sólidos generados**

En la figura siguiente se muestra el comportamiento de la variable auxiliar *residuos sólidos generados* para cada escenario. El resultado del escenario "Equilibrio" [-2-], nos sirve como referencia del comportamiento de residuos sólidos generados, *como* hemos comprobado al validar con el modo de referencia.

Figura.27. Comportamiento de la Residuos generados en los tres escenarios.



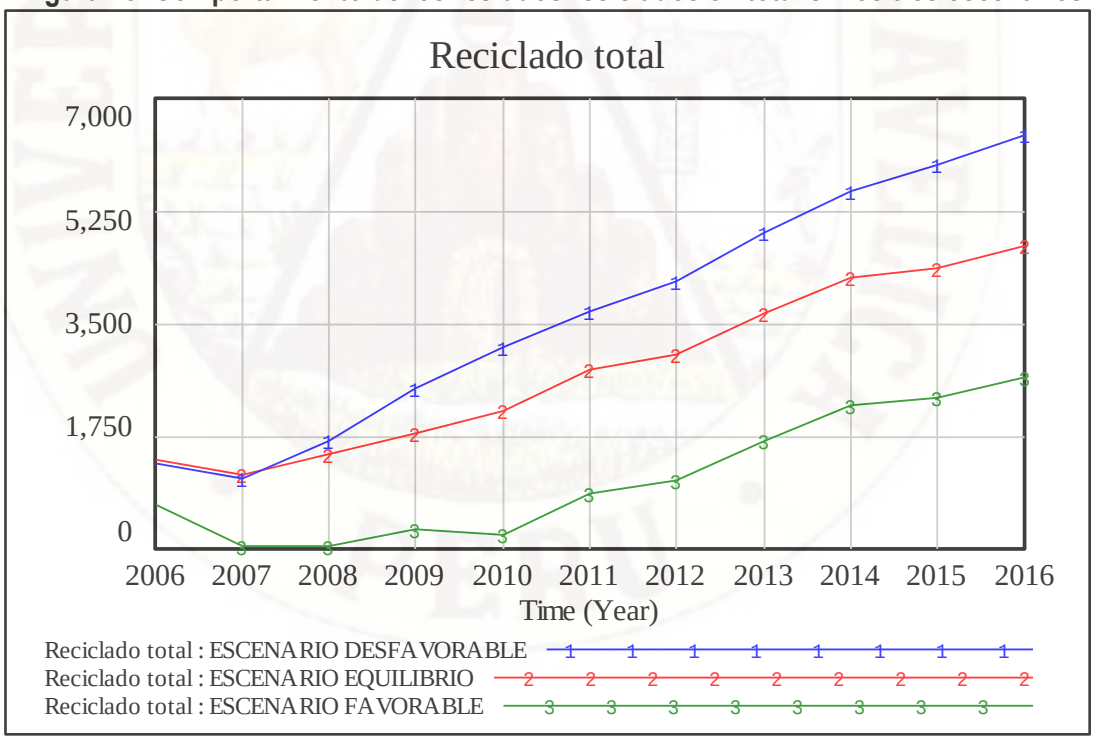
Fuente: software Vensim

Como cabía esperar, en el escenario "desfavorable" [-1-], el comportamiento tiene una tendencia de crecimiento alta respecto al equilibrio, llegando ser 12 270.4 toneladas de residuos sólidos generados para al año 2016. Mientras para el escenario, "Favorable" [-2-], los *residuos generados* tienen una tendencia de crecimiento muy baja respecto al equilibrio, llegando ser 2 427.03 toneladas para al año 2016.

- **Variable los residuos reciclados en total**

  En la figura siguiente se muestra el comportamiento de la variable auxiliar *los residuos reciclado* para cada escenario. Aquí comprobamos las influencias directas de la *generación de residuos sólidos* sobre *los residuos reciclados.* El resultado del escenario "Equilibrio" [-2-], nos sirve como referencia del comportamiento de *los residuos generados, como* se ha comprobado al validar con el modo de referencia en los apartados anteriores.

Figura.28. Comportamiento de los residuos reciclados en total en los tres escenarios.



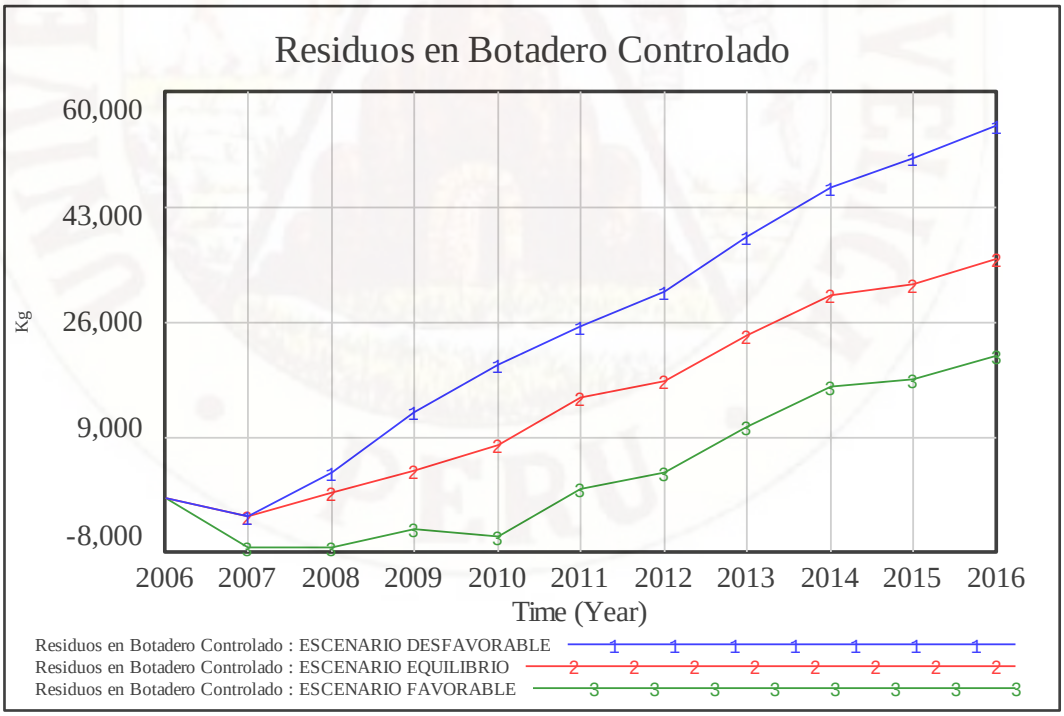
Fuente: software Vensim

En el escenario “Desfavorable” [-1-], el comportamiento tiene una tendencia de crecimiento alta, esto por el crecimiento de residuos generados, llegando ser 6 429.56 toneladas de residuos reciclados para el año 2016. Que indica el aumento de proporción de residuos sólidos respecto al escenario “Equilibrio”. Mientras para el escenario, “Favorable” [-3-], el comportamiento tiene una tendencia que mantiene en un nivel estable con respecto al escenario “Equilibrio”, la cantidad de residuos sólidos reciclados llega ser 2 668 toneladas para al año 2016. Esto indica que en el escenario “Favorable” la proporción de residuos reciclados tiende a disminuir.

- **Variable de residuos sólidos en el botadero municipal**

En la figura siguiente se muestra el comportamiento de la variable nivel *los residuos sólidos en el botadero municipal* para cada escenario. Aquí comprobamos las influencias directas de los residuos generados y *los residuos reciclados por la población,* en el nivel de acumulación de residuos sólidos en el botadero municipal.

Figura.29. Comportamiento de residuos sólidos en botadero municipal en los tres escenarios.



Fuente: software Vensim

En el escenario “Desfavorable” [-1-], como era de esperar el comportamiento tiene una tendencia más creciente, donde los residuos sólidos en el botadero aumentan notablemente, llegando ser 55 078 toneladas de residuos para el año 2016. Mientras en el escenario “Favorable” [-3-], tiene un comportamiento menos creciente, donde residuos sólidos en botadero logra disminuir notablemente respecto al escenario “Equilibrio”. Donde la cantidad de residuos sólidos en botadero es 21 033 toneladas para el año 2013

En conclusión, en este capítulo hemos ajustado el modelo en función de los modos de referencia en un único modelo que se detalla en el Anexo 02.

Asimismo, hemos validado el modelo realizando los correspondientes análisis de sensibilidad, del cual hemos detectado tres puntos clave de intervención (*Presupuesto para el manejo de residuos, Tasa de generación de residuos y Tasa de reciclaje*), que constituyen un espacio para la definición de un conjunto de escenarios que nos ha permitido realizar el correspondiente estudio para aumentar la confianza en el modelo.

Hemos seleccionado tres escenarios. Un escenario base, “Equilibrio”, que se corresponde con el presentado en el Anexo 02, y que es la referencia para los demás escenarios. Dos escenarios en condiciones extremas: uno optimista “Favorable”, y otro pesimista “Desfavorable”.

El modelo responde en cada escenario como era de esperar por lo que se aumenta la confianza en el modelo.

ANEXO 02: ECUACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO

INITIAL TIME = 2006

Units: Year

The initial time for the simulation.

FINAL TIME = 2016

Units: Year

(01) Calidad de vida=Tabla de calidad de vida ambiental(Contaminación)+Tabla de calidad de vida económica (Fuente de Ingreso)

Units: Dmnl

(02) cantidad de equipos recolectores=Cobertura-Equipos Recolectores

Units: Camión

(03) Cantidad de equipos recolectores 2= 1

Units: Dmnl

04) Capacidad de camión=2600

Units: Kg/(Camión*veces)

(05) Capacidad de camión 2=2600

Units: Kg/(Camión*veces)

(06) Cobertura= INTEGER (Residuos en las calles/(Frecuencia de recolección * Capacidad de camión))

Units: Camión/día

(07) Contaminación= (Emisión de lixiaviados + Emisión Gases) *Residuos en Botadero Controlado

Units: Dmnl

(08) Datos históricos de en BCM: INTERPOLATE=GET XLS DATA (‘simulaciones.xls' , 'Hoja1' , '27' , 'B28')

Units: Dmnl

(09) Datos históricos de población: INTERPOLATE: = GET XLS DATA (‘simulaciones.xls' , 'Hoja1' , '3' , 'B4')

Units: Dmnl

(10) Datos historicos RS en las Calles: INTERPOLATE::=GET XLS DATA('simulaciones.xls' , 'Hoja1' , '43' , 'B44')

Units: Dmnl

(11) Datos históricos RS generados: INTERPOLATE: =GET XLS DATA (‘simulaciones.xls' , 'Hoja1' , '62' , 'B63')

Units: Dmnl

(12) Emisión de lixiaviados=RANDOM UNIFORM (0.01, 0.1 , 0.001)

Units: 1/día

(13) Emision Gases=RANDOM UNIFORM (0.04, 0.1, 0.001)

Units: 1/día

(14) Equipos Recolectores = WITH LOOKUP (Presupuesto, ([(0,0) -(550000,10)] ,(395000,1),(450000,2),(550000,3)))

Units: Camión

(15) Esperanza de vida= 0.001

Units: 1/día

(17) Frecuencia de recolección=RANDOM UNIFORM (1 , 2 , 1)

Units: veces/día

(18) Frecuencia de recolección 2=RANDOM UNIFORM (0.1 , 0.3 , 0.1)

Units: veces/día

(19) Fuente de Ingreso= Precio Promedio*Reciclado total

Units: soles/kg

(21) Muerte = (esperanza de vida + Calidad de vida) *Población

Units: 1/año

(22) Nacimiento=Población*Tasa de crecimiento

Units: 1/año

(23) Población= INTEG (Nacimiento-Muerte,5888)

Units: Personas

(24) Población sensibilizada=1-Tasa población sensibilidad

Units: personas

(25) Precio Promedio=0.5

Units: soles

(26) Presupuesto=395000

Units: soles

(27) Reciclado=Segregación*Tasa de reciclado

Units: kg

(28) Reciclado total=Reciclado Residuos reciclados

Units: kg

(29) Recolección=Cantidad de equipos recolectores 2*Capacidad de camión 2*Frecuencia de recolección 2

Units: Dmnl

(30) Residuos en Botadero Controlado= INTEG (Residuos entrantes-Residuos reciclados,0)

Units: Kg

(31) Residuos en las calles= INTEG (IF THEN ELSE (Residuos no recogidos-Recolección<0, 0 , Residuos no recogidos-Recolección),0)

Units: Kg

(32) Residuos entrantes= (Recolección +Residuos recogidos) *(1-Tasa de aprovechamiento)

Units: kg

(33) Residuos generados= Población*Tasa de generación de residuos sólidos-Poblacion sensibilizada

Units: Kg/día

(34) Residuos no recogidos=Segregación-Reciclado-Residuos recogidos

Units: kg

(35) Residuos reciclados=Residuos en Botadero Controlado*Tasa de Residuos reciclados del Botadero

Units: kg

(36) Residuos recogidos=cantidad de equipos recolectores*Frecuencia de recolección*Capacidad de camión

Units: Kg/día

(38) Segregación=Residuos generados

Units: kg/personas

(39) Tabla de calidad de vida ambiental ([(0,0) -(1e+010,10)], (100000,0.0001), (500000, 0.00015), (1e+006,0.0002), (5e+006,0.00025), (1e+007,0.0003), (5e+007 ,0.00035), (1e+008,0.0004),(5e+008,0.00045),(1e+009,0.0005), (5e+009,0.00055))

Units: Dmnl

(40) Tabla de calidad de vida económica ([(0,0)-(1e+010,10)], (100000,0.001), (500000,0.0015), (1e+006,0.002),(5e+006,0.0025),(1e+007,0.003), (5e+007,0.0035), (1e+008,0.004),(5e+008,0.0045),(1e+009,0.005), (5e+009,0.0055))

Units: Dmnl

(41) Tasa de aprovechamiento= 0.2

Units: 1/dia

(42) Tasa de crecimiento= 0.013

Units: 1/dia

(43) Tasa de generación de residuos sólidos=1.17

Units: Kg/(persona*dia)

(44) Tasa de reciclado=0.2Units: Kg/(dia*persona)

(45) Tasa de Residuos reciclados del Botadero= 0.09

Units: 1/dia

(46) Tasa población sensibilidad= Población/Presupuesto

Units: personas

ANEXO 03: FOTOS

Vista panorámica de botadero municipal de Pampas - Tayacaja

Centro de segregación de residuos sólidos

Centro de segregación de residuos sólidos

ANEXO 04: FICHA DE ENCUESTA

ENTREVISTA AL PERSONAL DEL ÁREA DE ADMINISTRACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD DE PAMPAS – TAYACAJA

PROYECTO DE INVESTIGACION: MODELO PROSPECTIVO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE PAMPAS DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA

1. **¿fuentes de generación de residuos sólidos?**
2. **¿de qué manera realiza la recolección?**
3. **¿cantidad de residuos sólidos recolectados por mes?**
4. **¿Cuál es la disposición final de los residuos sólidos después de recolección?**
5. **¿si realiza el reciclado? ¿cómo se hace?**
6. **¿la cantidad de residuos sólidos reciclados al mes?**
7. **¿presupuesto asignado para la gestión de residuos sólidos?**
8. **¿ingresos generados por la venta de residuos sólidos?**
9. **¿proceso de tratamiento de Residuos Sólidos?**
10. **Capacidad de carro recolector**