



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



TESIS

**USO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA
OPTIMIZAR LAS RUTAS DE RECOJO DE RESIDUOS
SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE TARAPOTO**

**Para optar el Título de:
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Presentado por el Bachiller

SEGUNDO ROGER RAMIREZ SHUPINGAHUA

Tarapoto - Perú

2014


**USO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA
OPTIMIZAR LAS RUTAS DE RECOJO DE RESIDUOS
SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE TARAPOTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Presentado por:

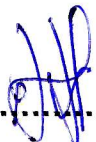
Bachiller : Segundo Roger Ramírez Shupingahua

Asesor : Ing. Jorge Damián Valverde Iparraguirre

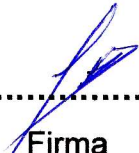

.....
Firma

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:


Presidente : Ing. Alberto Alva Arévalo


.....
Firma

Secretario : Ing. José Enrique Celis Escudero


.....
Firma

Miembro : Ing. Carlos Armando Ríos López


.....
Firma

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres

Roger Ramirez Pinedo y Emilia Shupingahua Izuisa Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. *Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

A mi hermana

Katty Ramirez Shupingahua por estar conmigo y apoyarme siempre, la quiero mucho.

A mis amigos

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos, por haberme ayudado a realizar la investigación de campo de la tesis.

A mis maestros

Por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional, al Ing. Jorge Valverde Damian Iparraguirre por apoyarme en la asesoría y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis, me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A la FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA – UNSM por formarme como profesional.

Es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con las personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término, expresándoles mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ingeniero **Jorge Damián Valverde Iparraguirre** por su apoyo y confianza en mi trabajo, su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Señor **Hander Bartra Chong** por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia que hizo que nuestras siempre acaloradas discusiones redundaran benéficamente tanto a nivel científico como personal. No cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado y, además, ha significado el surgimiento de una sólida amistad.

RESUMEN

La presente tesis, “USO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA OPTIMIZAR LAS RUTAS DE RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE TARAPOTO”; tiene como objetivo general, optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto mediante el uso de la dinámica de sistemas.

Asimismo tiene como objetivos específicos; conocer el comportamiento del sistema de recojo de residuos sólidos utilizando la dinámica de sistemas; utilizar la dinámica de sistemas para construir modelos de solución al sistema de recojo de residuos sólidos; simular los modelos matemáticos para comprender y discutir los resultados; determinar la mejora de las rutas con el uso programación.

Para el desarrollo de la propuesta se utilizó la dinámica de sistemas como metodología, esta metodología consta de tres fases; la conceptualización, presentación o formulación, análisis y evaluación; lo obtenido en estas fases se utilizan para pronosticar el comportamiento de los residuos sólido.

De los resultados obtenidos en la investigación se demuestra que con el uso de la dinámica de sistemas como metodología se contribuye a mejorar el plan de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto y con la programación lineal se propone una opción para optimizar las rutas de recojo de residuo sólido del distrito.

Palabras Claves:

Dinámica de sistemas, simulación, lingo y optimización de rutas.

SUMMARY

ÍNDICE

NOMENCLATURAS

a) LISTA DE CUADROS	11
b) LISTA DE FIGURAS	13
c) LISTA DE GRÁFICOS	14
d) LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	15
e) INTRODUCCIÓN	16

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Antecedentes del problema.....	18
1.2. Definición del problema.....	20
1.3. Formulación del problema	31
1.4. Justificación e importancia	32
1.4.1. Teórica.....	32
1.4.2. Practica.....	32
1.4.3. Relevancia Social	32
1.4.4. Conveniencia	32
1.4.5. Utilidad Metodológica.....	33
1.5. Alcances y Limitaciones	33
1.5.1. Posibles Obstáculos Teóricos y Metodológicos.....	33
1.5.2. Recursos y Medios	33

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	35
2.1. Antecedentes de la investigación	35
2.2. Definición de términos	37
2.3. Bases teóricas	38
2.3.1. Dinámica de sistemas	38
2.3.2. Software de simulación Vensim	40
2.3.3. LINGO	41
2.3.4. Simulación	41
2.3.5. Rutas de recojo de residuos solidos	42
2.4. Hipótesis	44
2.4.1. Hipótesis de investigación(H1)	44
2.4.2. Hipótesis nula (H0)	44
2.5. Sistema de variables	44
2.6. Escala de medición	45
2.7. OBJETIVOS	45
2.7.1. Generales	45
2.7.2. Específicos	45

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS	47
---------------------------------	----

3.1. Universo y Muestra.....	47
3.1.1. Universo.....	47
3.1.2. Muestra.....	47
3.2. Ámbito geográfico.....	47
3.3. Diseño de investigación.....	48
3.4. Procedimientos y Técnicas.....	49
3.4.1. Procedimientos.....	49
3.4.2. Técnicas.....	56
3.5. Instrumentos.....	56
3.5.1. Instrumentos de recolección de datos.....	56
3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos.....	57
3.6. Prueba de hipótesis.....	57

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS.....	69
---------------------	----

CAPÍTULO V

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
---------------------------------	----

CAPÍTULO VI

VI. CONCLUSIONES.....	77
-----------------------	----

CAPÍTULO VII

VII.	RECOMENDACIONES.....	79
------	----------------------	----

CAPÍTULO VIII

VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	81
-------	----------------------------------	----

CAPÍTULO IX

IX.	ANEXOS	84
-----	--------------	----

Anexo 01:	Metodología de la Dinámica de Sistemas.....	84
-----------	---	----

Anexo 02:	Optimización de Ruta a través de LINGO.....	101
-----------	---	-----

Anexo 03:	Encuesta.....	114
-----------	---------------	-----

Anexo 04:	Ficha de Registro.....	115
-----------	------------------------	-----

Anexo 05:	Población	116
-----------	-----------------	-----

Anexo 06:	Como Calcular la muestra	117
-----------	--------------------------------	-----

Anexo 07:	Fotos y datos Recolectados de la Ciudad de Tarapoto	119
-----------	---	-----

a) LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 01: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Mañana 5:00Am - 12:00Pm.	21
Cuadro N° 02: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Mañana 5:00Am – 12:00Pm.	22
Cuadro N° 03: Recorrido De Las Compactadoras Turno De La Tarde 12:00Pm – 08:00Pm.	23
Cuadro N° 04: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Tarde 12:00 Pm – 08:00Pm.	24
Cuadro N° 05: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Mañana 5:00Am – 12:00Pm.	25
Cuadro N° 06: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Mañana 5:00Am – 12:00Pm.	26
Cuadro N° 07: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Tarde 12:00Pm – 08:00Pm.	27
Cuadro N° 08: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Tarde 12:00Am – 08:00Pm.	28
Cuadro N° 09: Cargas Promedio del año 2014	29
Cuadro N° 10: Capacidad Efectiva de Carga por Viaje.....	31
Cuadro N° 11: Variables.....	44
Cuadro N° 12: Escala de medición.....	45
Cuadro N° 13: Variables de la dinámica de recolección de residuos sólidos del distrito de Tarapoto	51
Cuadro N° 14: Operaciones de la variable dependiente	58

Cuadro N° 15: Operaciones de la variable dependiente	62
Cuadro N° 16: Interpretación de hipótesis.....	64
Cuadro N° 17: Prueba T - Estadísticos de grupo	64
Cuadro N° 18: Prueba de muestra independiente.....	66

b) LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01: Diagrama Causal del Sistema	52
Figura N° 02: Diagrama de Forrester	53
Figura N° 03 : Distribución T-Student (T)	67

c) LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: El impacto en la USASS de las decisiones tomadas	59
Gráfico N° 02: Estimación de pronósticos o proyecciones de generación de Residuos Sólidos	60
Gráfico N° 03: Calificación de la información obtenida de una simulación.....	61
Gráfico N° 04: Se realizan estimaciones o proyecciones en cuanto a producción de Residuos Sólidos	62
Gráfico N° 05: Calificación de la generación de rutas de recojo de Residuo Solidos a través de un Software	63
Gráfico N° 06: Recopila información del proceso de recolección de Residuos Sólidos	69
Gráfico N° 07: Cuentan con formatos para la recolección de información por ruta.....	70
Gráfico N° 08: Quien realiza el procesamiento de la información	71
Gráfico N° 09: Información disponible para la toma decisiones rápida y oportuna.....	72
Gráfico N° 10: Está de acuerdo en utilizar Software para generar rutas de recojo de Residuos Sólidos	72

d) LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.

MPSM: Municipalidad Provincial de San Martín.

SASS: Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud.

EDA: Enfermedad Diarrea Aguda

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

SAT: Servicio de Administración Tributaria

LINGO: Linear Generalize Optimizer

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesis denominado “USO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA OPTIMIZAR LAS RUTAS DE RECOJO DE RESIDUO SÓLIDO EN EL DISTRITO DE TARAPOTO”, estudia el distrito de Tarapoto desde el punto de vista geográfico, poblacional y ambiental.

La geografía del distrito cambia cada año con la aparición de nuevos asentamientos humanos, la información obtenida abarca todos estos lugares con la finalidad de obtener datos reales y creíbles.

La Población del distrito de Tarapoto está conformada por personas naturales de la región selvática y como también de migrantes nacionales de la costa y sierra del Perú. Son estas personas las que generan semanalmente 468.387 toneladas de residuos sólidos.

El distrito de Tarapoto no está ajena a la globalización es por ello que el aumento de la contaminación ambiental se ve reflejada en la acumulación de residuos sólidos en las veredas, calles, descampados y otros lugares.

Es por estos motivos y siendo habitante de este hermoso distrito, elaboramos esta tesis para contribuir a mejorar las rutas de recojo de residuos sólidos, esto implica que brindaremos alternativas de solución ante los problemas que puedan ocurrir dentro de la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín, que tiene en sus labores la recolección de los residuos sólidos, la dinámica de sistemas es la metodología que permite conceptualizar, formular y evaluar las rutas de recojo de residuo sólido del distrito de Tarapoto.

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes del problema

La dinámica de sistemas es una metodología que hace posible la construcción de modelos de simulación de sistemas complejos, como los que se estudian en las ciencias sociales, la economía o la ecología; se aplica método de sistemas duros, básicamente las ideas realimentación y sistema dinámico, junto con la teoría de modelos en el espacio de estados y procedimientos de análisis numérico. Por tanto, esta metodología será sometida a prueba con la finalidad de optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.

Los residuos sólidos que generamos diariamente son el resultado de los complejos procesos en los cuales la materia y energía obtenida de los recursos naturales, se utilizan en grandes cantidades para la obtención de bienes y servicio. Sánchez (2007), se refiere a los residuos sólidos como una consecuencia de la vida y los define como todos aquellos residuos que provienen de todas las actividades humanas, que normalmente son desechados como inútiles o superfluos.

La recolección es un servicio fundamental para el Manejo de los Residuos Sólidos, por lo que es necesario establecer una atención especial que involucre la planeación y operación de este servicio, ya que presenta serias anomalías, por esto es importante establecer una serie de lineamientos que permitan prestar el servicio de una manera eficiente, minimizando los costos operativos. En las ciudades de América Latina generalmente se utilizan los recolectores compactadores importados para la recolección de basura, lo que da lugar a muchos problemas de divisas. Por lo tanto, es imprescindible una mejora de rendimiento en el uso de dichos equipos importados, siendo el diseño de las rutas de recolección de basura uno de los caminos para alcanzar esta meta. El repentino encarecimiento de

combustibles también demanda, inevitablemente, la asesoría de las rutas existentes y su rediagramación para reducir su impacto (Kunitoshi, 1980).

Rojas M.A. (2010:16), define que la dinámica de sistemas abraza en su dimensión a tres disciplinas: la cibernética, la informática y la teoría de sistemas; las cuales se conjugan y se funden sinérgicamente en una sola disciplina en pro de optimizar o buscar mejoras y soluciones a problemas del mundo real, y que en su mayoría son generados por la misma inconciencia y mezquindad humana. Problemas de servicio público pueden ser solucionados gracias a las bondades de la dinámica de sistemas, con esto se crea una alternativa intelectual la cual puede solucionar problemas como el de la limpieza pública.

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos (LGRS) y su Reglamento, Decreto Supremo N° 057-2004-PCM; el primer artículo de la Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. El Ministerio de Salud como ente rector de las políticas de salud en el país ha establecido como prioridad en materia de residuos sólidos, una agenda de acción a fin de contribuir a reducir significativamente los factores de riesgo asociados al ambiente, para proteger y promover la salud de la población, y sobre todo de aquellos sectores pobres y de extrema pobreza.

En enero del 2012, el Alcalde Grundel Jiménez, Fernando Walter; puso en marcha el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva del distrito de Tarapoto, en la cual participaron la Municipalidad Provincial de San Martín, la Asociación de Recicladores de la Provincia de San Martín y la comisión Ambiental Municipal, con la finalidad de determinar los tipos de materiales a

reciclar, determinación del destino final para los materiales reciclados, educación y sensibilización ambiental para la población.

En la Provincia de San Martín el consumo de productos de la zona generan 62% del total de residuos, a esto se suma los 1,513 casos de EDA acuosa y 188 casos de EDA disintérica que se registraron el año 2010. El distrito de Tarapoto es el que presenta más casos registrados (512 casos de EDA acuosa y 17 casos de EDA disintérica). Estas enfermedades se encuentran asociadas a ambientes insalubres como los generados por deficiencias en el manejo de los residuos sólidos.

La gran producción de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto generadas en las viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimento, hoteles, establecimientos educacionales, oficinas, cárcel, y basura o desperdicio provenientes de podas y ferias libres, es un problema social latente, este problema se incrementó en los últimos años, debido al crecimiento urbano. Está problemática ocasiona molestias y reclamos permanentes de la ciudadanía hacia la municipalidad.

1.2. Definición del problema

Partimos de la premisa "El diseño de las rutas de recojo consiste en dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo - ni mucha ni poca carga y desarrollar una ruta para cada subsector, de modo que facilite a cada equipo llevar a cabo el trabajo con una menor cantidad de tiempo y recorrido".

Actualmente la Municipalidad Provincial de San Martín cuenta con la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud, que es la encargada de administrar el recojo de residuos sólidos en el Distrito de Tarapoto, el cual tiene programado 20 rutas de recojo de residuos

sólidos (cuadros 01 al 08), que deben cubrirse en un máximo de dos días calendarios en los turnos de mañana y tarde.

Cuadro N° 01: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Mañana 5:00Am - 12:00Pm.

LUNES – MIÉRCOLES - VIERNES			
Compactadora N° 01	Compactadora N° 04	Compactadora N° 05	Compactadora N°06
C H O F E R E S			
Dante Arévalo García	Royber Flores Ruiz	Gilber Escalante Alegria	Jaime García Tafur
A Y U D A N T E S			
Paco Macedo Flores	Walter Ramírez Flores	Percy Gonzales Torres	Tony Vásquez Sánchez
Francisco Ramírez Pezo	Hilter Sinarahua Ishuyza	Franklin Valdivia Pérez	Meister Arce Armas
PUERTO AZUL	JR. JOSÉ PARDO		
JR. AVIACIÓN.	JR. INDEPENDENCIA.	JR. TAHUANTINSUYO.	JR. ALONSO DE ALVARADO.
JR. RAMÓN	JR. CAPIRONA.	JR. JUAN VARGAS.	AV. LIMA.
JR. MARTÍNEZ DE COMPAGÑON.	JR. SAN PEDRO.	JR. SHAPAJA.	JR. PEDRO DE ÚRZUA.
PETROPERÚ	JR. VÍCTOR MANUEL.	JR. ORELLANA.	JR. GREGORIO DELGADO.
AEROPUERTO	JR. HUÁSCAR.	JR. MICAELA BASTIDAS.	JR. LEGUIA.
F.A.P.	JR. ATAHUALPA. JR. ORIENTE. SECTOR PRIMAVERA (TODO)		JR. SAN MARTÍN. JR. MAYNAS.

Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín, 2014.

Cuadro N° 02: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Mañana 5:00Am – 12:00Pm.

LUNES – MIÉRCOLES – VIERNES	
Compactadora N° 02	Compactadora N° 03
C H O F E R E S	
Víctoro Hugo Arevalo Hernandez	Roel Davila Perez
A Y U D A N T E S	
Luis Diaz Garcia	Jhony Sanchez Paima
Israel Grandez Labajo	Armando Paima Gonzales
SECTOR BERNABÉ GURIDI (TODO)	JR. JOSE OLAYA.
JR. RICARDO	JR. JORGE
JR. CAHUIDE.	JR. HUALLAGA.
JR. MANCO	JR. ILO.
JR. RAIMONDI.	JR. MIRAFLORES.
JR. JIMÉNEZ	JR. LUIS FLORES.
PIMENTEL.	PROL. JORGE
JR. SAN PABLO DE LA CRUZ.	CHÁVEZ.
	PSJE. PARAÍSO.

Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín, 2014.

Cuadro N° 03: Recorrido De Las Compactadoras Turno De La Tarde 12:00Pm – 08:00Pm.

LUNES – MIÉRCOLES - VIERNES			
Compactadora N° 02	Compactadora N° 04	Compactadora N° 05	Compactadora N°06
C H O F E R E S			
Tedy Pinedo Gonzales	Roaldo Meléndez García	Pepe Franko Salazar Portocarrero	Jorge Luis Navarro Alegría
A Y U D A N T E S			
Alfonso Tapullima Sinarahua	Diojanto Tenazoa Sandoval	Jerson Shupingahua Shupingahua	Fran Osorio Panduro
Rafael Pinedo Pinchi	Orlando Llamo Pérez	Jorge Chujutalli Moncada	Pedro Arce Córdova
NUEVA SECTOR LOMA DE SAN JR. YURIMAGUAS. CONDOMINIO. TIWINZA. SECTOR SECTOR GRAU.	JR. ALFONSO AA.HH. LAS SECTOR LOS	MERCADO PLATAFORMA N° PSJE. CHANKAS JR. LOS ROSALES. PSJE. 06 DE JR. 1° DE JULIO. PSJE. JR. VÍCTOR JR. PRÓCERES.	BOULEVARD DE LA JR. MOYOBAMBA. JR. MIGUEL GRAU. JR. LEONCIO JR. RIOJA. JR. LAMAS. JR. BOLOGNESI. JR MATEO

Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín, 2014.

**Cuadro N° 04: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Tarde
12:00 Pm – 08:00Pm.**

LUNES – MIÉRCOLES - VIERNES	
Compactadora N° 01	Compactadora N° 03
C H O F	E R E S
Anderson Díaz García	Jorge Armando Terrones Tangoa
A Y U D A	A N T E S
Robín García Shuña	Edilberto Flores Flores
Víctor Tananta Fababa	José Aristides Reátegui Pérez
JR. MANUELA	JR. RICARDO
JR. ALFONSO	JR. JIMÉNEZ
UGARTE.	PIMENTEL.
JR. SOFÍA	JR. LIBERTAD.
JR. DANIEL	JR. SANTA INÉS.
ALCIDES CARRIÓN.	
JR. ANDRÉS	JR. TACNA.
AVELINO	
JR. MANUEL	
ARÉVALO ORBE.	
JR. NICOLÁS DE	
PIÉROLA.	
JR. TOMAS MEZA.	

**Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de
Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín,
2014.**

**Cuadro N° 05: Recorrido de las Compactadoras Turno de la
Mañana 5:00Am – 12:00Pm.**

MARTES – JUEVES – SÁBADO			
Compactadora N° 02	Compactadora N° 04	Compactadora N° 05	Compactadora N°06
C H O F E R E S			
Dante Arévalo García	Royber Flores Ruiz	Gilber Escalante Alegría	Jaime García Tafur
A Y U D A N T E S			
Paco Macedo Flores	Walter Ramírez Flores	Percy Gonzales Torres	Tony Vásquez Sánchez
Francisco Ramírez Pezo	Hilter Sinarahua Ishuyza	Franklin Valdivia Pérez	Meister Arce Armas
AV. CIRCUNVALACIÓN. SECTOR TAKIWASI (TODO) CRAS. EMAPA. ALERTA. PRL. ALERTA. VIA DE EVITAMIENTO (IDA Y VUELTA)	URBANIZACIÓN 09 DE ABRIL (TODO).	JR. LOS ÁNGELES. PSJE. TRUJILLO. PSJE. PRÓCERES. PSJE. JR. UNION. JR AMERICA. JR. JOSÉ A. QUIÑONES. JR. SINCHI ROCA	JR. PERÚ. JR. SAPOSOA. JR. JUANJUI. JR. ESPAÑA. PRL. ESPAÑA. JR. VISTA ALEGRE.

**Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de
Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín,
2014.**

**Cuadro N° 06: Recorrido de las Compactadoras Turno de la
Mañana 5:00Am – 12:00Pm.**

MARTES – JUEVES – SÁBADO	
Compactadora N° 01	Compactadora N° 03
C H O F	E R E S
Víctor Hugo Arévalo Hernández	Roel Dávila Pérez
A Y U D	A N T
Luis Díaz García	Jhony Sánchez Paima
Israel Grandez Labajos	Armando Paima Gonzales
JR. FEDERICO SÁNCHEZ.	JR. ARICA.
JR. SANTA ROSA.	JR. SANTA EUFRASIA.
JR. MARTIN DE LA RIVA.	JR. 06 DE SETIEMBRE.
JR. JUAN DE LA RIVA.	JR. UCAYALI.
JR. TOMAS VILLACORTA.	JR. CUZCO.
JR. COMANDANTE CHIRINOS.	JR. VENCEDORES DE COMAYNAS.
JR. SUCRE.	
JR ELÍAS LINARES.	
JR. LIMATAMBO.	
PSJE. LIMATAMBO.	
JR. SACHAPUQUIO.	

**Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de
Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín,
2014.**

**Cuadro N° 07: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Tarde
12:00Pm – 08:00Pm.**

MARTES – JUEVES – SÁBADO			
Compactadora N° 02	Compactadora N° 04	Compactadora N° 05	Compactadora N°06
C H O F E R E S			
Tedy Pinedo Gonzales	Roaldo Meléndez García	Pepe Franko Salazar Portocarrero	Jorge Luis Navarro Alegria
A Y U D A N T E S			
Alfonso Tapullima Sinarahua	Diojanto Tenazoa Sandoval	Jerson Shupingahua Shupingahua	Fran Osorio Panduro
Rafael Pinedo Pinchi	Orlando Llamo Pérez	Jorge Chujutalli Moncada	Pedro Arce Córdoba
SECTOR YUMBITES (TODO). 10 DE AGOSTO (TODO). AA.HH. 02 DE MAYO (TODO)	APOYO	MERCADO EL HUEQUITO. PLATAFORMA N° 02. RUTA ESCOLAR.	APOYO.

**Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de
Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín,
2014.**

**Cuadro N° 08: Recorrido de las Compactadoras Turno de la Tarde
12:00Am – 08:00Pm.**

MARTES – JUEVES – SÁBADO	
Compactadora N° 01	Compactadora N° 03
C H O F	E R E S
Anderson Díaz García	Jorge Armando Terrones Tangoa
A Y U D	A N T
Robín García Shuña	Edilberto Flores Flores
Víctor Tananta Fababa	José Aristides Reátegui Pérez
APOYO.	APOYO.

**Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de
Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín,
2014.**

Para cubrir el recojo de residuos sólidos en el Distrito de Tarapoto existen 20 rutas programadas por la USASS de la MPSM, las cuales fueron analizadas para un día promedio. El cálculo de las cargas promedio de los camiones para el año 2014, se hizo en función al pesaje de la carga de residuos sólidos de cada ruta, en la semana 1 del mes de Agosto, cuyos datos se pueden observar en el cuadro N° 09.

Cuadro N° 09: Cargas Promedio del año 2014

(semana1 del mes de Agosto)

Ruta	Promedio Carga (t)	Máxima Carga (T)
1	14.5	15.8
2	15.5	16.1
3	14.3	14.8
4	14	16.4
5	11.8	12.0
6	11.6	12.5
7	7.2	8.0
8	7.9	9.2
9	7.8	8.0
10	6.5	7.5
11	7.1	7.5
12	7.0	7.5
13	15.0	16.0
14	15.3	15.8
15	14.2	16.1
16	13.9	14.0
17	7.0	8.4
18	7.2	7.8
19	7.8	8.4
20	7.9	8.3
	213.5	230.1

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que cada camión tiene como carga promedio aceptada 6 toneladas, se observa en el cuadro N° 09, que la distribución del promedio de carga por ruta no es uniforme; mientras existen casos de poco promedio como la ruta 10, existen otros que

superan la media como la ruta 2. Nos encontramos, entonces, ante un caso de mala distribución de rutas, donde algunas finalizan la ruta con menos de la capacidad permitida legal del vehículo y otras finalizan con más carga que la capacidad permitida.

Si bien es cierto que la USASS es la encargada de administrar las rutas de recojo de residuos sólidos, esto lo hace teniendo como base la experiencia de su personal, es decir no existen rutas fundamentadas mediante un modelo de programación, lo cual dificulta la programación ordenada del servicio y la comunicación con los vecinos, debido a que no existen rutas estimadas con tiempos que permitan informar con seguridad sobre tiempos de recojo de basura y así generar un hábito en los vecinos que disminuya el tiempo de espera para el recojo.

En cuanto a la disponibilidad de la flota actual por periodo de recojo, es aproximadamente del 83%, debido a que en promedio, el 17% de los vehículos se encuentra en el taller para su mantenimiento preventivo o para reparación, sin embargo no existe un histórico de información de vehículos en el taller. Los ingresos y salidas del taller son colocados en una pizarra en el patio del taller, no hay orden de servicio. Una vez terminado el día, los datos son borrados de la pizarra, y no existe una base de datos donde se registre esta información ni tampoco documentación vinculada.

Asimismo de las seis compactadoras con que se cuenta se aprecia según el cuadro N° 10, que éstas tienen una capacidad de carga máxima de 06 toneladas, lo cual hace que a veces se tenga que hacer hasta tres viajes por ruta.

Cuadro N° 10: Capacidad Efectiva de Carga por Viaje.

NRO.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (M3)	CAPACIDAD DE CARGA	CAPACIDAD EFECTIVA DE CARGA POR VIAJE %	CAPACIDAD EFECTIVA DE CARGA POR VIAJE
		A	$B = A * \text{Densidad}$	C	$D = B * C$
1	Compactadora	15	7.5	0.8	6
2	Compactadora	15	7.5	0.8	6
3	Compactadora	15	7.5	0.8	6
4	Compactadora	15	7.5	0.8	6
5	Compactadora	15	7.5	0.8	6
6	Compactadora	15	7.5	0.8	6

Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín.

En cuanto a los Recursos Humanos se cuenta con 70 empleados involucrados en el servicio de recojo de residuos sólidos, de los cuales 15 son conductores, 36 apoyo a conductores, 13 barredores, y los demás pertenecen a la parte Administrativa. Sin embargo debemos resaltar que existe un débil recojo de información en cuanto a indicadores que nos permitan medir la eficiencia y esfuerzo de cada trabajador. Tampoco existen indicadores de rotación. Recursos Humanos sólo cuenta con información histórica de sus trabajadores en documentos sueltos, mas no en reportes.

Frente a esta situación problemática, es preciso usar metodologías sistémicas que nos permitan dar una solución viable al problema del recojo de residuos sólidos en el Distrito de Tarapoto, enfocándonos en el proceso mismo, describiendo las actividades previas, la mejora de ciertos procesos necesarios para la optimización de rutas, incluyendo los indicadores para una mejor gestión. Procediendo a ejecutar el modelo propuesto y por último, presentando los beneficios cualitativos y amenazas relacionadas al proyecto de investigación.

1.3. Formulación del problema

¿En qué medida el uso de la Dinámica de Sistemas mejorará las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto?

1.4. Justificación e importancia

El uso de la metodología de dinámica de sistemas, para la construcción del modelo que contribuirá a la mejor comprensión de los ciclos de recojo de basura y con la simulación bajo diferentes escenarios obtendrá diferentes proyecciones que servirán al nivel directivo para una mejor toma de decisiones y por ende elaborar rutas óptimas.

1.4.1. Teórica

La Dinámica de Sistemas es una alternativa intelectual, como herramienta metodológica interdisciplinaria que permite articular como un paradigma robusto y trascendente su razón de ser y su nivel de utilidad en términos de evaluar, diagnosticar y mejorar la salud integral de las organizaciones y en especial en sistemas de Servicios Públicos.

1.4.2. Práctica

Los responsables Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín tomarán decisiones efectivas que garanticen el correcto desempeño durante el proceso de recolección de residuos sólidos.

1.4.3. Relevancia Social

La población de la ciudad de Tarapoto estarán contenta con el servicio de recojo de residuos sólidos, disminuirá los residuos de las casas, calles y otros lugares donde hay gran acumulación.

1.4.4. Conveniencia

La ciudad de Tarapoto debe permanecer limpia, con esto se garantizará la buena impresión de los visitantes, que estos a

su vez generaran más crecimiento económico provenientes del turismo y el comercio.

1.4.5. Utilidad Metodológica

Se utiliza la dinámica de sistemas para resolver problemas sociales, como informáticos utilizaremos esta metodología con la finalidad de conceptualizar, formular y evaluar las rutas de recojo de residuos sólidos.

1.5. Alcances y Limitaciones

1.5.1. Posibles Obstáculos Teóricos y Metodológicos

Mala aplicación de fórmulas y la mala interpretación de los datos recolectados que pueden distorsionar el resultado de la investigación.

1.5.2. Recursos y Medios

- Disponibilidad de la información procedente de la Municipalidad Provincial de San Martín.
- Baja inversión por la cual puede evitar desarrollar la investigación profundamente.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la investigación

En la tesis Doctoral: La preocupación por la calidad del medio ambiente. Un modelo cognitivo sobre la conducta ecológica, defendido por Antonio González López en la UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID 2002, llega a una de las conclusiones que: La preocupación sobre la calidad del medio ambiente, como motivación humana para la puesta en marcha de conductas, emerge desde los valores humanos, desde creencias sobre el impacto de la interacción ser humano-medio ambiente y desde las creencias en la capacidad personal para aliviar o evitar los daños que supone el deterioro del medio ambiente. A través de estos constructos cognitivos se activan o construyen normas personales o sentimientos de obligación moral en forma de reglas de comportamiento con las que se evalúan los hechos y se decide lo que hacer en una situación dada. De esta forma, los valores y las creencias funcionarían como guías o heurísticos que activan o generan actitudes o normas de acción específicas a una situación o asunto.

En la tesis Doctoral: Producción y recuperación del biogás en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos: análisis de variables y modelización, presentado por Santiago Martín González, UNIVERSIDAD DE OVIEDO 1997, donde una de sus conclusiones a la que arribó es: “El desconocimiento de los problemas ambientales derivados de la generación de biogás en un vertedero, así como de las posibilidades de revalorización del biogás, son una de las causas del escaso número de vertederos en que el biogás es tratado adecuadamente. La falta de estudios rigurosos para el correcto dimensionamiento de plantas de extracción y revalorización del biogás ha propiciado en algunos casos el fracaso de un proyecto. En este trabajo contribuye a la solución de estos problemas proponiendo una metodología para la determinación de la producción de biogás en un vertedero, que combina modelos matemáticos,

criterios de estudio y ensayos de campo. Ha sido aplicada en el vertedero búlgaro de Bratovo". (Burgas, 2004)

En la tesis Doctoral: Empatía y cognición social en la preocupación por el medio ambiente, presentada por Verónica Sevillano Triguero, en la universidad complutense de Madrid 2007, y nos dice que: Los resultados del primer trabajo de investigación, aquel que tiene que ver con procesos empáticos en relación a animales, muestran la importancia de la consideración de variables disposicionales y situacionales respecto a la preocupación por el medio ambiente. Concretamente, el sentimiento de malestar personal ante el sufrimiento de un ser vivo (variable disposicional) y la observación de unas imágenes sobre seres vivos adoptando su perspectiva (variable situacional).

Nancy Merab Pérez Belmonte, 2011, Capulalpam de Méndez - Sierra de Juárez – México, en la tesis; Análisis de las Condiciones en el Manejo De Residuos Sólidos Urbanos y Propuesta de un Plan de Manejo Integral para la Localidad de Capulalpam de Méndez, concluye que para reducir los impactos al ambiente y a la salud debido al inadecuado manejo de los RSU, se requiere el establecimiento de principios y bases para integrar una política nacional que comprenda estrategias para la definición de marco regulatorio destinado a lograr un control más eficiente y al desarrollo de programas para reducir la generación, así como que se promuevan sistemas de manejo que sean viables desde las perspectivas técnica, económica, social y ambiental que permitan su reusó, reciclado, composteo y la recuperación de su valor calorífico, según corresponda y sean factibles.

Grisel Ribera Sanchez, 2005, Oaxaca – México, Universidad del Mar, en la tesis: Diagnostico de la Problemática de los Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Ciudad Ixtepec- Oaxaca – Mexico, concluye que el manejo de los residuos sólidos a nivel domiciliario puede mejorarse sustancialmente con base en programas de

educación ambiental para un aprovechamiento más adecuado de los subproductos. Asimismo, la implementación del tratamiento de los residuos orgánicos, como es la elaboración de composta, sería gran utilidad para minimizar los residuos.

2.2. Definición de términos

Sistemas.- Se conoce como la unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común, Es algo que se percibe como una identidad que lo distingue de lo que la rodea, y es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes. (Aracil y gordillo, 1997)

Dinámica de sistemas.- Es un enfoque para entender el comportamiento de sistemas complejos a través del tiempo. Lidia con ciclos de realimentación interna y retrasos en los tiempos, mismos que afectan el comportamiento del sistema total. (Aracil y Gordillo, 1997)

Residuos sólidos.- Son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas. Se clasifica en gases, líquidos y sólidos; y por su origen, en orgánicos e inorgánicos.(Correa, Santos, Gómez; 2009)

Rutas.- La palabra ruta proviene del francés *route*, que a su vez deriva del latín *rupta*. Se trata de un camino, carretera o vía que permite transitar desde un lugar hacia otro. En el mismo sentido, una ruta es la dirección que se toma para un propósito. (www.definicion.de)

Software.-Son programas y aplicaciones que pueden ser utilizadas en diversas funciones fácilmente y sin pagar dinero en su funcionamiento. Diseñadas para facilitar el trabajo y permitir que los recursos sean aplicados eficientemente intercambiando información y conocimiento dentro y fuera de las organizaciones.

LINGO.- es una herramienta simple para formular problemas lineales y no lineales, resolverlos y analizar su solución. El resultado que LINGO nos proporciona es la optimización que nos ayuda a encontrar el mejor resultado: la ganancia más alta, o el costo más bajo. A menudo estos problemas involucran el uso más eficiente de los recursos. Los problemas de optimización son clasificados a menudo como lineales o no lineales, dependiendo si las relaciones en el problema son lineales con respecto a las variables.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Dinámica de sistemas

Formalmente se comenzó a abordar este tema en los años 60s, su origen se da en 1950, cuando utilizó para mejorar la comprensión de las corporaciones y sus procesos industriales por parte de los administradores. Actualmente, esta metodología se emplea en el sector público y privado para diseñar e implementar políticas mediante su emulación. La Dinámica de Sistemas fue la propuesta que surge en el MIT con el profesor Jay W. Forrester (Ingeniero Electrónico).

Concretamente, la Dinámica de sistemas es una metodología que busca entender el comportamiento de sistemas complejos y la evolución de éste a través del tiempo. Utiliza métodos de sistemas duros, básicamente las ideas de realimentación, sistema dinámico, teoría de modelos en el espacio de estados y procedimientos de análisis numéricos; en su punto de mira también están los problemas no estructurados (blandos), como los que aparecen en los sistemas socioeconómicos. La Dinámica de Sistemas es una metodología para la construcción de modelos de sistemas. Pretende establecer técnicas que permitan expresar en un lenguaje formal (matemático), los modelos verbales (mentales). Funciona como una técnica de

simulación por computador, de modo que sirve para analizar, comprender y discutir situaciones y problemas complejos. Las propiedades de los sistemas son, para la dinámica de sistemas, el marco conceptual desde el cual el modelador debe percibir y representar la realidad.

2.3.1.1. Metodología de la dinámica de sistemas

Está dividida en tres fases de desarrollo bien definidas que son las siguientes:

2.3.1.1.1. Conceptualización

Se realiza el análisis y síntesis exhaustiva del sistema en estudio para comprender y describirlo, del análisis se discriminan las variables críticas del sistema con las cuales se construirá el modelo conceptual.

2.3.1.1.1.1. Descripción verbal del sistema.

2.3.1.1.1.2. Definición precisa del problema.

2.3.1.1.1.2.1. Modo de referencia.

2.3.1.1.1.2.2. Horizonte temporal.

2.3.1.1.2. Representación o formulación

Una vez obtenido el modelo conceptual se construye el diagrama de Forrester para la simulación en el computador, estableciendo las fórmulas que gobiernan el flujo de información y/o materiales.

2.3.1.1.2.1. Construcción del diagrama de Forrester.

2.3.1.1.2.2. Establecimiento de las ecuaciones para simulación.

2.3.1.1.3. Análisis y evaluación

Se procede con la construcción con lo cual se obtiene el comportamiento del sistema, el cual es sometido al análisis y evaluación según se indica líneas a bajo.

2.3.1.1.3.1. Análisis del modelo

2.3.1.1.3.1.1. Comportamiento con el modo de referencia.

2.3.1.1.3.1.2. Análisis de sensibilidad.

2.3.1.1.3.1.3. Análisis de políticas.

2.3.1.1.3.2. Evaluación, comunicación e implantación.

2.3.2. Software de simulación Vensim

Vensim es una herramienta gráfica de creación de modelos de simulación que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de Dinámica de Sistemas. Vensim proporciona una forma simple y flexible de crear modelos de simulación, sean con diagramas causales o con diagramas de flujos.

Las relaciones entre los elementos del sistema representan las relaciones causales, que se muestran mediante la conexión de palabras con flechas. Esta información se usa después por el Editor de Ecuaciones para crear el modelo de simulación. Se puede analizar el modelo teniendo en cuenta las causas y el uso de las variables, y también estudiando los ciclos relacionados con una variable. Mientras que se construye un

modelo que puede ser simulado, Vensim permite observar el comportamiento del modelo.

2.3.3. LINGO

Es una aplicación capaz de resolver modelos de programación matemática. Es una herramienta simple para formular problemas lineales y no lineales, resolverlos y analizar su solución. El resultado que LINGO nos proporciona es la optimización que nos ayuda a encontrar el mejor resultado: la ganancia más alta, o el costo más bajo. A menudo estos problemas involucran el uso más eficiente de los recursos. Los problemas de optimización son clasificados a menudo como lineales o no lineales, dependiendo si las relaciones en el problema son lineales con respecto a las variables.

2.3.4. Simulación

Dado un modelo matemático de un sistema, en ocasiones es posible obtener información de él a través de métodos analíticos, más si ello no es posible, es necesario emplear métodos de cómputo numéricos en la resolución de las ecuaciones. Se dispone de una enorme variedad de estos métodos, para solucionar las ecuaciones de modelos matemáticos.

2.3.4.1. Tipos de simulación

Los modelos de simulación que se pueden elaborar, son realizados para analizar el comportamiento de sistemas en función del tiempo. Estos modelos se pueden clasificar de tres diferentes dimensiones.

2.3.4.1.1. Simulación discreta y continua

Un sistema discreto es cuando la variable de estado del sistema cambia instantáneamente en un punto separado en el tiempo, mientras que un sistema continuo es aquel cuando la variable de estado cambia constantemente con respecto al tiempo.

2.3.4.1.2. Simulación determinística y estocástica

Un modelo determinístico, es cuando no existe tipo de componentes probabilístico y la salida del sistema puede ser determinada una vez introducidos los datos y relaciones. Un modelo estadístico es aquel que tiene al menos alguna entrada aleatoria y por consiguiente sus salidas son aleatorias.

2.3.4.1.3. Simulación estática y dinámica

Una simulación estática es la representación de un sistema en un tiempo en particular, en cambio una simulación dinámica representa al sistema como si este estuviera envuelto sobre el tiempo.

2.3.5. Rutas de recojo de residuos sólidos

Se denomina así al trazo en el plano de la zona asignada a cada vehículo, el curso que éste seguirá, estableciendo los tiempos y cantidades de residuos que va acumulando en el trayecto. Para esto se requiere que estén indicados en el plano datos como:

- ✓ Número de viviendas y centros de gran generación de residuos, en cada frente de manzana.

- ✓ Señalamiento de calles con camellón o jardín al centro, viaductos y similares.

Los pasos fundamentales para lograr un buen diseño, son el proyecto de gabinete y su ajuste de campo. En el primero, se hace el cálculo teórico de las necesidades y áreas asignadas a cada camión y en el segundo se afinan los contornos de las mismas para balancearlas y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas.

Para lograr un trazo óptimo o muy cercano al mismo se utiliza el método determinístico, que es aquel en el cual se alimenta a una computadora y por medio de un programa se va trazando la ruta óptima que pasa por los puntos establecidos (paradas). Se deberán respetar al máximo algunas reglas como las enumeradas a continuación:

- ✓ Las rutas deben ser compactas, es decir, sin fragmentaciones innecesarias y sin traslapes.
- ✓ El comienzo de la ruta debe estar lo más cercano posible al campamento de limpia y debe tender a terminarse en dirección del sitio de disposición final o transferencia.
- ✓ Debe evitarse la recolección en las avenidas con tráfico pesado durante las horas pico.
- ✓ En las zonas con pendientes iniciar la ruta en los puntos más altos y recolectar bajando.
- ✓ En las calles sin salida o sin un retorno apropiado, recolectar a pie con el vehículo esperando en la esquina.
- ✓ Recolectar, siempre que sea posible, a ambos lados de la calle a la vez.
- ✓ Cuando se presenten frecuentemente zonas urbanas con características similares, se tratarán de aplicar diagramas típicos ya existentes.
- ✓ Señalización de paradas fijas.

Es conveniente señalar que no por el hecho de que un vehículo realice un mayor número de viajes, se logre aumentar la eficiencia, ya que las unidades se desgastarán más rápidamente; lo ideal es llevar por un lado el control de rutas, y por otro evitar las cargas adicionales de residuos sólidos no consideradas.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis de investigación(H1)

Utilizando la dinámica de sistemas se optimizará las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.

2.4.2. Hipótesis nula (H0)

Utilizando la dinámica de sistemas no se optimizará las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.

2.5. Sistema de variables

Cuadro N° 11: Variables

Variable	Tipo de Variable	Descripción
Dinámica de Sistemas	Independiente	Solución
Rutas de recojo	Dependiente	Problema

Fuente: Elaboración propia

2.6. Escala de medición

Cuadro N° 12: Escala de medición

Variable	Dimencion	Indicadores	Escala	Medición
Dinámica de Sistemas	Modelo de Simulación	Proyecciones	Ordinal	Pesimista, Normal, Optimista
Rutas de recojo	Programas (Software)	Eficiencia	Ordinal	Muy buena, Buena, Regular, Mala , Muy mala

Fuente: Elaboración propia

2.7. OBJETIVOS

2.7.1. Generales

Optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto mediante el uso de la dinámica de sistemas.

2.7.2. Específicos

- ✓ Conocer el comportamiento del sistema de recojo de residuos sólidos utilizando la dinámica de sistemas.
- ✓ Utilizar la dinámica de sistemas para construir modelos de solución al sistema de recojo de residuos sólidos.
- ✓ Simular los modelos matemáticos para comprender y discutir los resultados.
- ✓ Determinar la mejora de las rutas con el uso programación lineal.

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Universo y Muestra

3.1.1. Universo

El universo está conformado por el personal Administrativo y operativo que laboran en la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín, que son un total de 70 personas.

3.1.2. Muestra

Para calcular el tamaño de la muestra se tomaron datos necesarios para la elaboración de la investigación.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * P * Q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * Q}$$

$N =$ Total Personas 70
 $Z_{\alpha}^2 = 1.96$ si la seguridad es 95%
 $P = 0.05$ proporción esperada
 $Q = 0.95$ por que $(P = 1 - Q)$
 $d = 0.05$ Precisión

Entonces tenemos

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * P * Q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * Q}$$

$$n = \frac{70 * (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}{(0.05)^2 * (70 - 1) + (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}$$

$$n = 35.98 = \mathbf{36}$$

Total de la muestra es **36** personas.

3.2. Ámbito geográfico

El distrito peruano de Tarapoto es uno de los catorce distritos que conforman la Provincia de San Martín en el Departamento de San Martín, perteneciente a la Región de San Martín en el Perú. Ubicado a una altitud de 350 msnm. Sus límites: Por el norte con: Los distritos de San Antonio de Cumbaza y Cacatachi. Por el sur con: Juan Guerra.

Por el este con: El distrito de la Banda de Shilcayo. Por el oeste con: Morales y Cacatachi.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación que se realizó es no experimental, puesto que no habrá manipulación deliberada de las variables, se observarán los fenómenos, en este caso las variables que intervienen en el recojo de residuos sólidos, para su posterior análisis.

En un estudio no experimental no se construyen situaciones, si no que se observan situaciones ya existentes y no habrá control sobre las variables, estas ya han ocurrido. La investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan por que ya han sucedido (Hernández Sampieri, 1998)

La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos, tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Como señala Kerlinger (1979, p. 116). “La investigación no experimental o ex-post-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”. De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad.

Esta investigación es no experimental longitudinal, puesto que basa en el estudio de la evolución o cambio de las variables que afectan las rutas de recojo de residuo sólido. Se recogerán datos acerca de las variables críticas del sistema para construir el modelo de simulación para luego hacer inferencias en cuanto al cambio que han presentado las mismas y las consecuencias de ello. Por otra parte, la

investigación es longitudinal de tendencia, ya que se basara en las tendencias evolutivas de los pronósticos, se analizaran cambios a través del tiempo.

3.4. Procedimientos y Técnicas.

3.4.1. Procedimientos

Para el desarrollo de la presente tesis se han contemplado los siguientes pasos según:

3.4.1.1. Implementar registros en la actividad de recojo de Residuos Sólidos

Un problema grave en la USAS, es la falta de información por tal motivo se implementaron los registros indispensables para controlar la ruta asignada a cada chofer, tiempo estimado por ruta, tiempo estimado de recojo por cada calle y el control de depósito de residuos en el botadero municipal de Yacucatina. (**Anexo 03**)

3.4.1.2. Conceptualizar el problema en estudio

Se realizó el análisis de la situación problema de la USASS, específicamente lo concerniente a rutas de recojo y generación de residuos sólidos. Para el estudio, se realizaron los modelos con la herramienta de simulación Software Vensim DEL Version 6.3. Dicho modelo contempla la generación total de residuos sólidos generados en una semana, recorrido de las 20 rutas existentes recogidas 3 veces por semana.

Los procesos o eventos más relevantes en el sistema, es el total de residuos sólidos sobrantes después del recojo y el número de vehículos disponibles a la semana ya que estos afectan a la cantidad de residuos sólidos recogida.

Este modelo presenta varios supuesto entre los cuales tenemos el promedio de carga por vehículo y el número de veces a la semana que se llena un vehículo con la finalidad mitigar el total de residuos sólidos generado por los habitantes.

Límites del sistema

Los límites de este sistema vienen determinados por medio de las variables y los parámetros, lo cual se concreta a través de las ecuaciones del modelo, de tal manera que se puedan cuantificar y analizar.

3.4.1.3. Recolección de datos y definición del modelo, en esta etapa se realizó las siguiente tareas:

- ✓ Definición de variables: Se idéntico las variables críticas del sistema:
- ✓ Definición de ecuaciones: Se identificó las relaciones entre las variables para poder determinar ecuaciones correctas para la simulación.

3.4.1.4. Modelo de dinámica de recolección de residuos sólidos del distrito de Tarapoto.

Para este modelo se definieron las siguientes variables.

Cuadro N° 13: Variables de la dinámica de recolección de residuos sólidos del distrito de Tarapoto

VARIABLES	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Población	Habitante	Número de habitantes según INEI 2014
Tasa de Generación	Habitante/Semana	Geracion de residuos solido de un Habitante por Semana
Sin Recoger	tonelada	Residuos Solidos denerado por los habitantes
Residuos solidos	tonelada	Residuos Solidos existente en el distrito de Tarapoto
Recogidos	tonelada	Residuos Solidos enviados al botadero
Capacidad	Tonelada/Vehiculo	Capacidad del Vehiculo
Vehiculo en Ruta	Tonelada	Capacidad de todos los vehiculos disponibles
Numero de Viajes	Unidad	Número de viajes que hace un Vehiculo al Botader en la semana
%Desperfecto	1/semana	Porcentage de desperfecto de un vehiculo a la semana
%Mantenimiento	1/semana	Porcentage de mantenimiento de un vehiculo a la semana
Vehiculo operativo	Unidad	Número de vehiculos operativos a la semana
Vehiculo	Unidad	Número total de vehiculos disponibles

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.5. Modelo y Ecuaciones

El diagrama causal del modelo se presenta en la **Figuran N° 01** y el diagrama de Forrester se presenta en la **Figura N° 02** las ecuaciones se encuentran en la metodología de dinámica de sistemas (**Ver Anexo 01**).

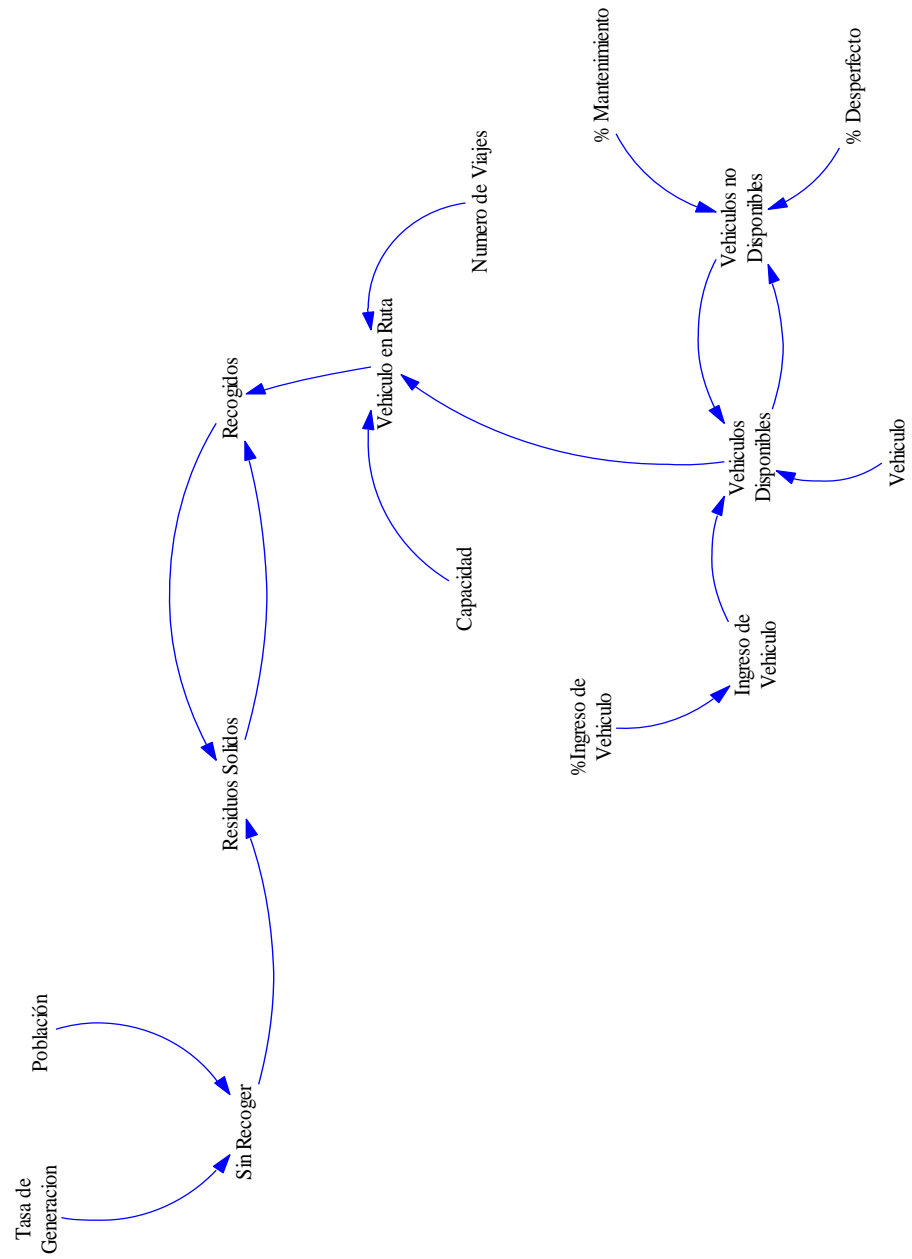


Figura N° 01: Diagrama Causal del Sistema
Fuente: Elaboración propia

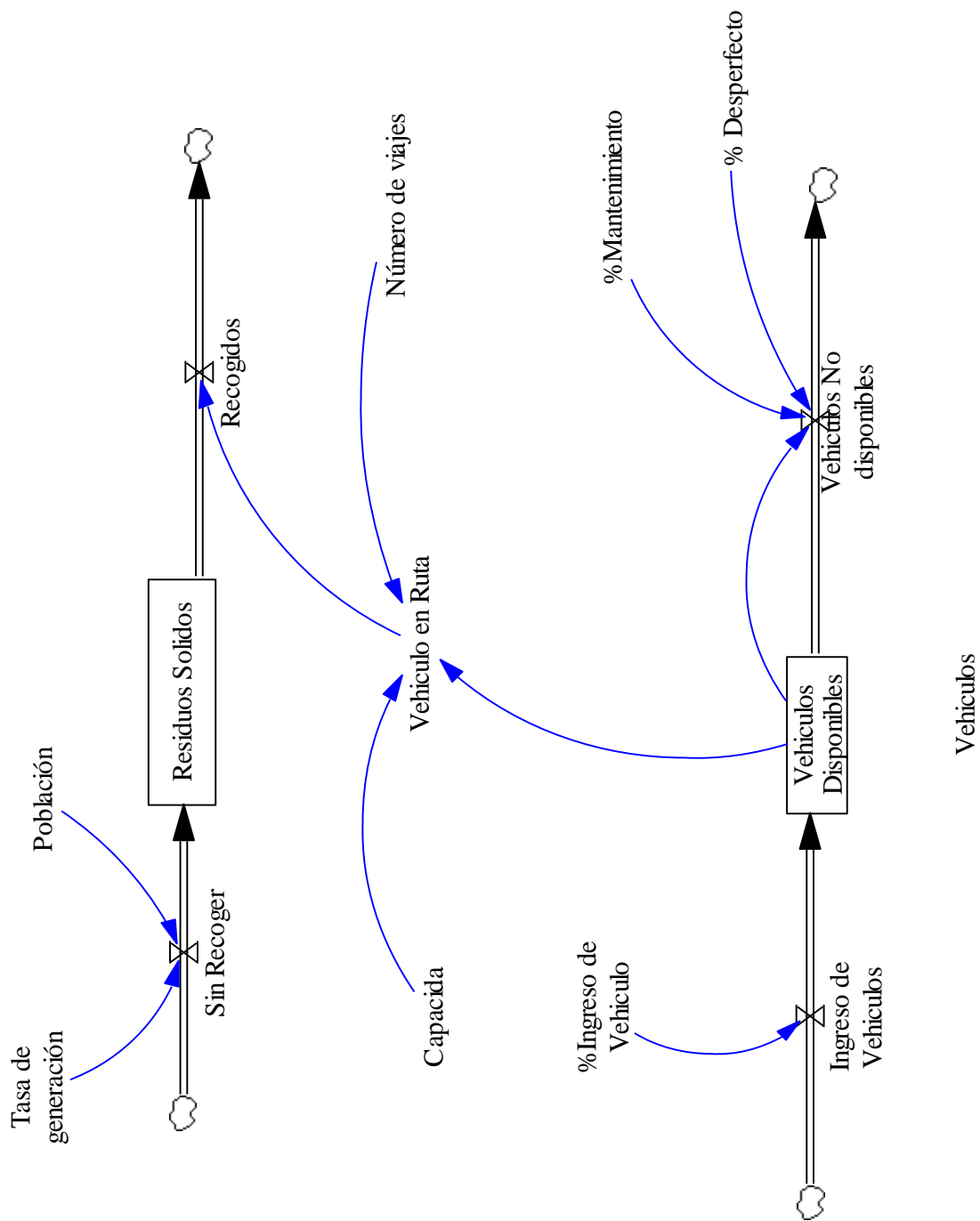


Figura N° 02: Diagrama de Forrester

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.6. Evaluación del modelo

Los datos son obtenidos a través de la entrevista con la parte administrativa y los choferes pertenecientes a la USASS. En el caso de varias cantidades para una variable se optó por el promedio de estos valores.

El modelo fue diseñado de acuerdo a las necesidades de la USASS, los valores pueden ser modificados con el único objetivo de adaptarse a las necesidades presentes.

El modelo se ha calibrado en base a una serie de datos, provenientes de distintas fuentes.

Vehículos en ruta

Los vehículos en ruta es la multiplicación de la capacidad promedio del vehículo por el número de vehículos disponibles y por el número de veces a la semana en que se llena el vehículo recolector.

Vehículos en ruta = capacidad * Vehículo Disponible *
Numero de viajes

Vehículos No Disponibles

Los vehículos no Disponibles es la multiplicación entre vehículos disponibles por la suma del porcentaje de mantenimiento y desperfecto de cada vehículo cada semana

Vehículos no disponible = Vehículos disponible *
(%mantenimiento+%desperfecto)

La capacidad

Es la suma de todas las capacidades de los vehículos entre número de vehículos existente.

Capacidad= 6 toneladas

Número de viajes

No es más el número de veces a la semana que el vehículo recolector se dirige al botadero o también se puede decir el número de veces a la semana en el que se llena el vehículo,

Número de viajes semana=3*6=18

%Mantenimiento

Según la entrevista al responsable de la USASS los vehículos entran en mantenimiento 1 vez cada 4 semanas equivalentes a 0.0025 a la semana.

%Desperfecto

Según la entrevista al responsable de la USASS los vehículos presenta desperfectos 1 vez cada 3 semanas equivalentes a 0.003333 a la semana.

3.4.1.7. Experiencia de la simulación

- Esta es la fase de aplicación del modelo propiamente dicha. En ella se simularan situaciones para extraer la conclusión correspondiente. (**Ver Anexo 01**)
- Prueba del modelo bajo supuesto.

3.4.1.8. Optimización de ruta modelo con LINGO

- Clasificar arcos según las direcciones de la calle y luego registrar las restricciones.
- Evaluar los resultados. (**Ver Anexo 02**)

3.4.1.9. Documentación y presentación de informes

Para el análisis e interpretación de datos se procederá de la siguiente manera:

- Tabulación y clasificación de los datos recogidos
- Elaboración de los cuadros estadísticos
- Aplicación de la prueba de hipótesis.

3.4.2. Técnicas

- ✓ Análisis bibliográfico.- En la búsqueda de información se recurrió fuentes primarias y secundarias, como revistas indexadas, libros, búsquedas en sitios de internet.
- ✓ Observación directa.- Se realizó contantes visitas al Taller municipal del Distrito de Tarapoto donde se ubica la USASS, para ver si los vehículos trabajan normal mete en sus turnos.
- ✓ Entrevistas.- Se dialogó con los administrativos y el resto del personal el tema tratado.
- ✓ Encuesta.- Se realizó la respectiva encuesta antes y después de presentar la propuesta solución que presenta esta investigación.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

- ✓ Análisis bibliográfico, se utilizó el internet para obtener información en archivos pdf, Word, PowerPoint, otros
- ✓ Observación directa, se recorrió las calles del distrito de Tarapoto para hacer las notas de campo, diario de incidencias, apunte de algunas anécdotas y lista de puntos donde se acumulan los residuos sólidos (Focos de Contaminación).
- ✓ Entrevista con el personal de la USASS, quienes manifestaron los problemas que ellos afrontan antes, durante y después del proceso de recolección de residuos sólidos, además se tuvo pequeñas charlas con los responsables de la Subgerencia Ambiental, la Unidad de Fiscalización y la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la MPSM.

3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos

- ✓ Cuaderno de apuntes, son los textos no codificados los garabatos y otros apuntes que se realizaron durante la observación directa y las entrevistas.
- ✓ Herramientas de ofimática, son los textos codificados ordenados en un archivo de Word, Excel y PowerPoint.
- ✓ Software de diseño, CorelDraw para la elaboración de cuadros y figuras.
- ✓ Software lingo usado para generar las mejores rutas.
- ✓ Software Vensim para analizar y simular el modelo lógico de la tesis.

3.6. Prueba de hipótesis

Se entiende como hipótesis en el contexto de la estadística inferencial a la preposición respecto a uno o varios parámetros. Y lo que el investigador hace a través de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis es consistente con los resultados obtenidos.

Aquí demostramos la hipótesis en el contexto comparativo ente la pre prueba y la pos prueba con las variables que se han definido previamente.

Para comparar resultados he realizado encuestas a la muestra de 36 trabajadores de la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín antes y después.

VARIABLE INDEPENDIENTE

Cuadro N° 14: Operaciones de la variable dependiente

indicadores	Índices
Proyeccion	Obetención de informacion y la información estimada en las condiciones laborales

Fuente: Elaboración propia

La obtención de información real y la información estimada en las condiciones de trabajo. Después de un test riguroso a través de encuesta a los funcionarios, se ha obtenido los siguientes resultados con respecto a la forma o modo de producir información relevante.

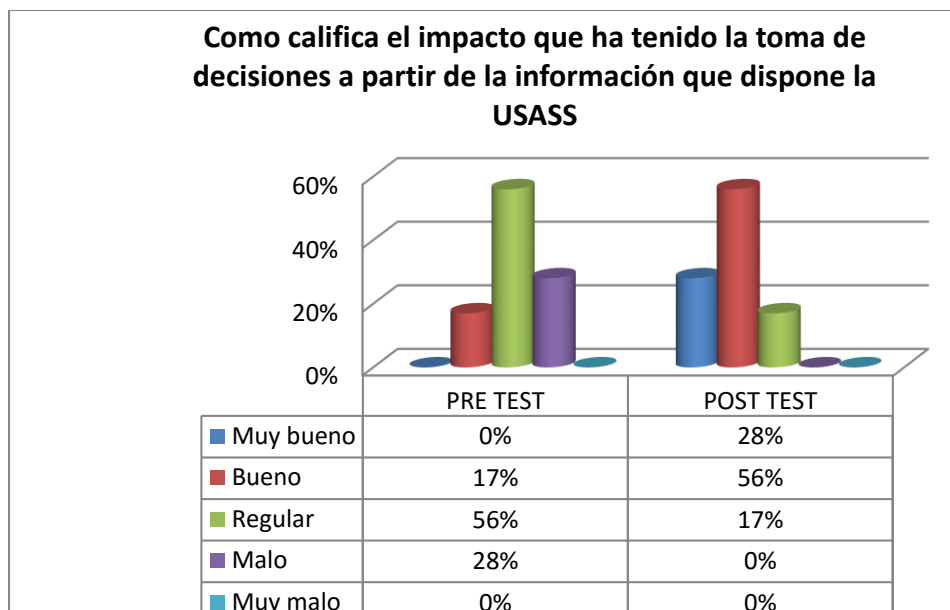


Gráfico N° 01: El impacto en la USASS de las decisiones tomadas

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 01, según el pre test el 17% manifiesta que las decisiones tomadas son buenas, 56% lo califica como regular y el 28% de malo, después de la implementación del modelo de simulación al aplicar el post test un 28% manifiesta que son muy buenas, un 56% buenas y un 17% las califica como regulares en conclusión se evidencia que ha habido un impacto significativo sobre las decisiones tomadas en la organización después de la implementación del modelo, es decir fueron más acertadas.

Gráfico N° 02: Estimación de pronósticos o proyecciones de generación de Residuos Sólidos

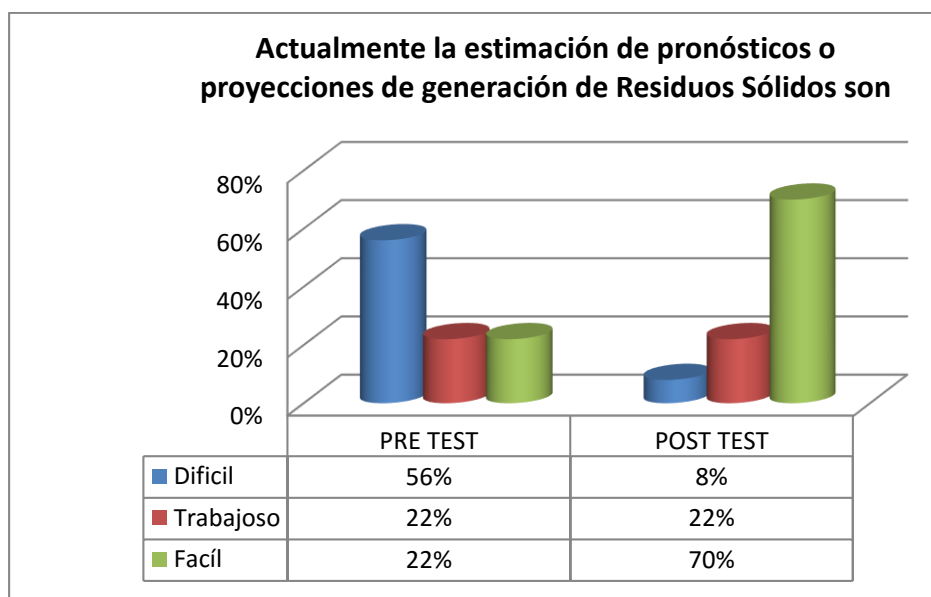


Gráfico N° 03: Estimación de pronósticos o proyecciones de generación de Residuos Sólidos

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 02, según la percepción del personal el trabajo de los diagnósticos según el pre test el 56% manifiesta que son difíciles y un 22% trabajosos, después de la implementación del modelo según el post test el 70% manifiesta que son fáciles y el 22% trabajosos. En conclusión el trabajo para producir pronósticos o proyecciones en cuanto a la generación de residuos sólidos semanales se torna más fácil después de implementar el modelo y la simulación de la producción.

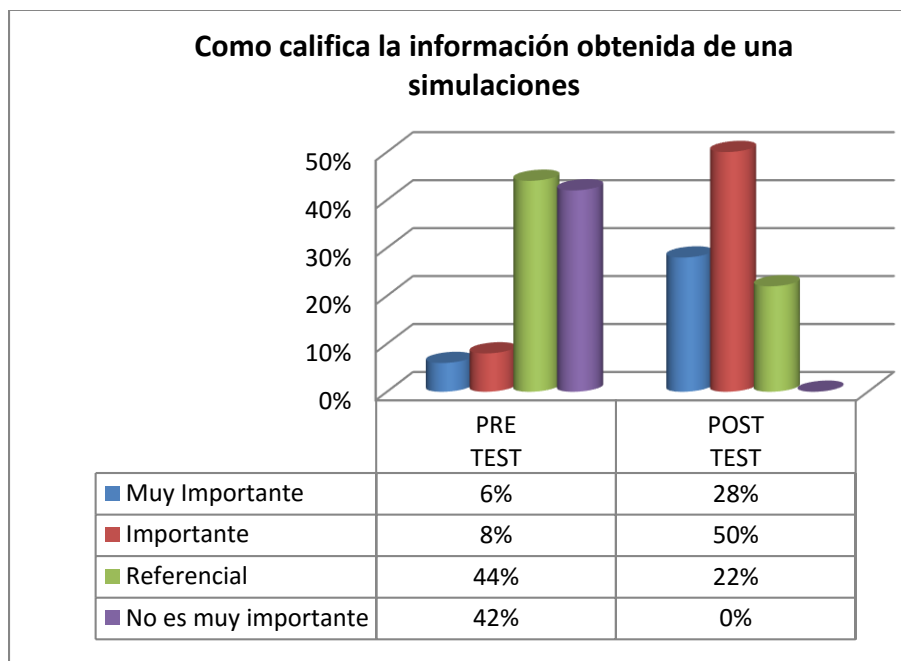


Gráfico N° 04: Calificación de la información obtenida de una simulación

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 03, según la percepción del personal los pronósticos según el pre test el 8% manifiesta que son importantes, un 44% los toma como referenciales y un 42% no es muy importante, después de la implementación del modelo según el post test el 28% manifiesta que son muy importantes y un 50% que son importantes. En conclusión los empleados evalúan la información de las proyecciones comparándolas con la realidad y percepción se manifiesta en forma positiva y califica de importante.

VARIABLE DEPENDIENTE

Cuadro N° 15: Operaciones de la variable dependiente

indicadores	Índices
Eficiencia	Pronosticos de produccion de Residuos solidos y uso de software para generacion de rutas

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los siguientes resultados con respecto a la simulación y pronósticos en cuanto a la recolección de residuos sólidos

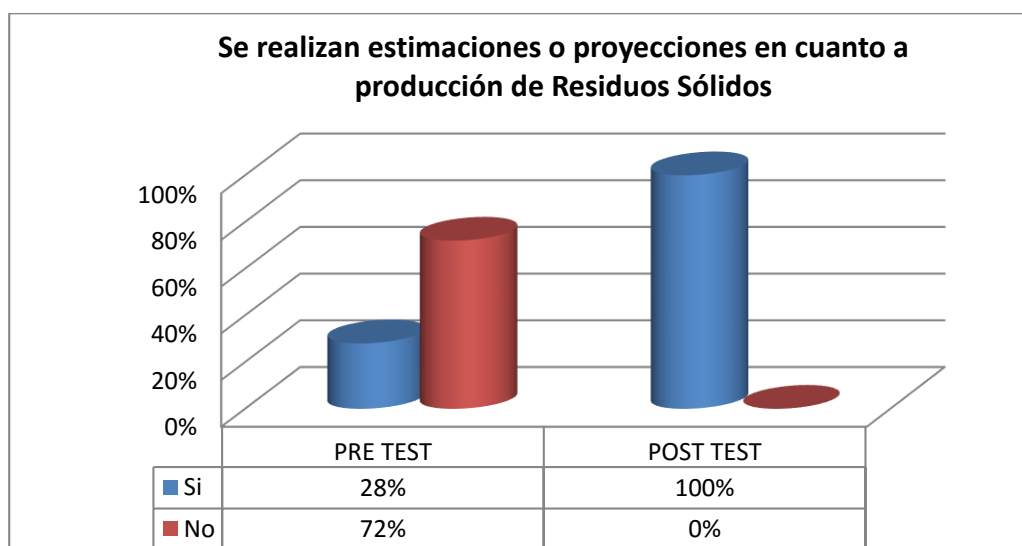


Gráfico N° 05: Se realizan estimaciones o proyecciones en cuanto a producción de Residuos Sólidos

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 04, se deduce que se realizaban proyecciones para planificación la producción esporádicamente como lo manifiesta el 28% del personal, luego de la implementación del proyecto se

estiman proyecciones como soporte a la planificación, simulando la producción de residuos sólidos por semana.

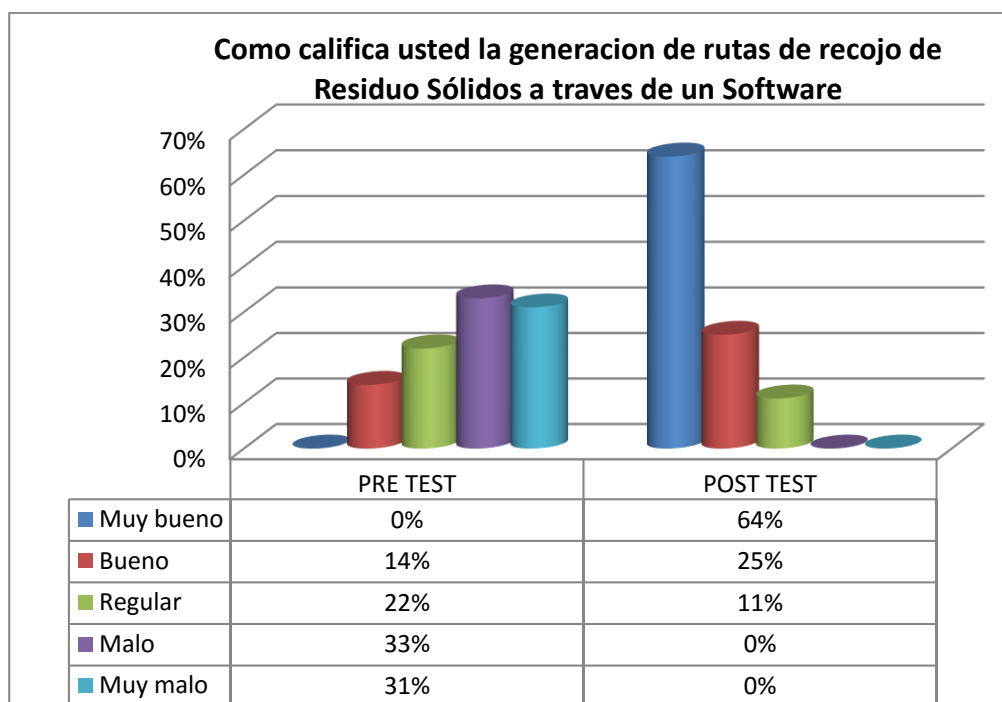


Gráfico N° 06: Calificación de la generación de rutas de recojo de Residuo Sólidos a través de un Software

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 05, según la percepción del personal en cuanto a rutas generadas por software el 31% manifiesta está que es muy malo, el 33% es malo y el 22% que es regular, después de la implementación del modelo según el post test el 64% manifiesta que es muy bueno, un 25% que es bueno y un 11% es regular. En conclusión el personal acepta que las rutas de recojo de residuos sólidos generadas por el software son buenas y que se pueden utilizar en el trabajo diario de recolección.

3.6.1. Verificación de la hipótesis

Para la verificación de hipótesis se usaron los datos del pre y post test referente al tiempo de recojo de residuos sólidos de la ruta en estudio. Los datos obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro N° 16: Interpretación de hipótesis

Evaluación	Tiempo de Recojo (minutos)		Tiempo de Ahorro (minutos)
	Pre Test	Pos Test	
Lunes	22.5 min	15.4 min	7.1 min
Martes	21.5 min	16.3 min	5.2 min
Miércoles	20.5 min	15.2 min	5.3 min
Jueves	22.1 min	15.5 min	6.6 min
Viernes	20.5 min	17.1 min	3.4 min
Sábado	21.2 min	16.4 min	4.8 min
Domingo	22.4 min	15.5 min	6.9 min

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 17: Prueba T - Estadísticos de grupo

Dinámica de Sistemas	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Tiempo de Recojo de basura PRE	7	21.5286	.84205	.31826
POST	7	15.9143	.69625	.26316

Fuente: Elaboración propia

Primero se muestran los estadísticos resumen en cada grupo: N (tamaño), media, desviación típica y el error estándar de la media.

Luego el programa SPSS nos aporta información de la prueba T en un único cuadro resumen, donde se nos ofrecen varias cosas:

Una prueba de homogeneidad de varianzas (la prueba de Levene), que nos va a informar sobre el segundo requisito para aplicar la comparación de medias mediante la prueba T de

Student: la homogeneidad de varianzas. El programa hace un contraste a través del estadístico F de Snedecor y nos aporta una significación estadística, o valor "p" asociado a la hipótesis nula de que "las varianzas son homogéneas". Cuando ese valor "p" es significativo ($p < 0,05$) debemos dudar de la homogeneidad de varianzas.

Cuadro N° 18: Prueba de muestra independiente

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Tiempo de Recojo de basura	.309	.588	13.595	12	.000	5.61429	.41297	4.71450	6.51407
			13.595	11.591	.000	5.61429	.41297	4.71097	6.51761

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los resultados nos da muchos indicadores estadísticos como la media de cada grupo, su desviación típica o estándar, error típico de la media, grados de libertad, entre otras. Pero lo fundamental es el T-calculado (estadístico "t") que en este caso es $T_c = 13.595$. Este valor lo contrastaremos con el T de tabla (T_t).

Se busca en la tabla de t de student con $(2n-1)$ grados de libertad o sea 12, y se encuentra que el valor tabular es de 1.782

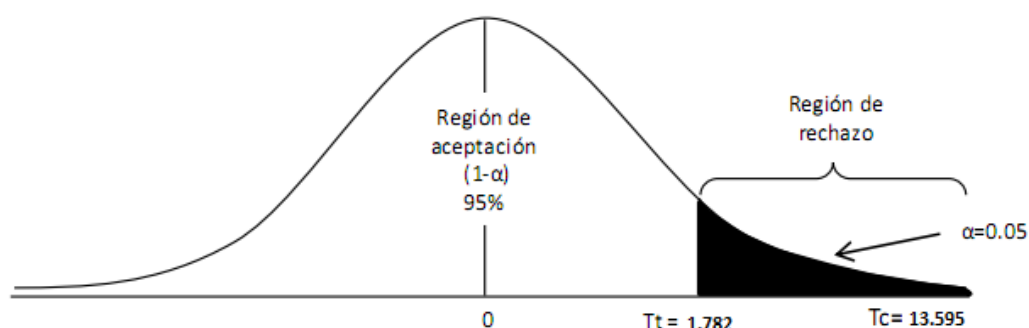


Figura N° 03 : Distribución T-Student (T)
Fuente: Elaboración propia

Conclusión: Como $T_c > T_t$ ($13.595 > 1.782$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. **Utilizando la dinámica de sistemas se optimizará las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto**, por haberse conseguido un resultado significativo.

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS

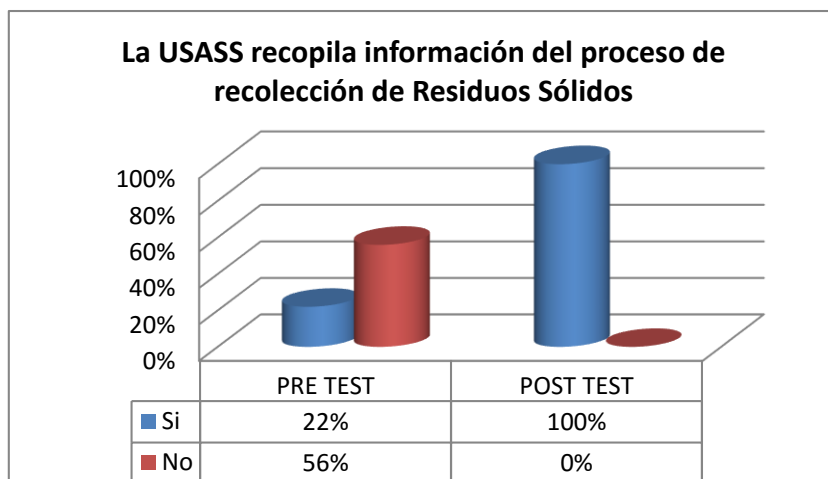


Gráfico N° 07: Recopila información del proceso de recolección de Residuos Sólidos

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 06, se observa que no se recopilaba información de proceso de recolección de residuos sólidos y que luego de un tiempo a la aplicación de pre test, si se recopila información debido a que se hace uso de los formatos de recolección implementados por el proyecto, demostrándose el cumplimiento del objetivo específico correspondiente.

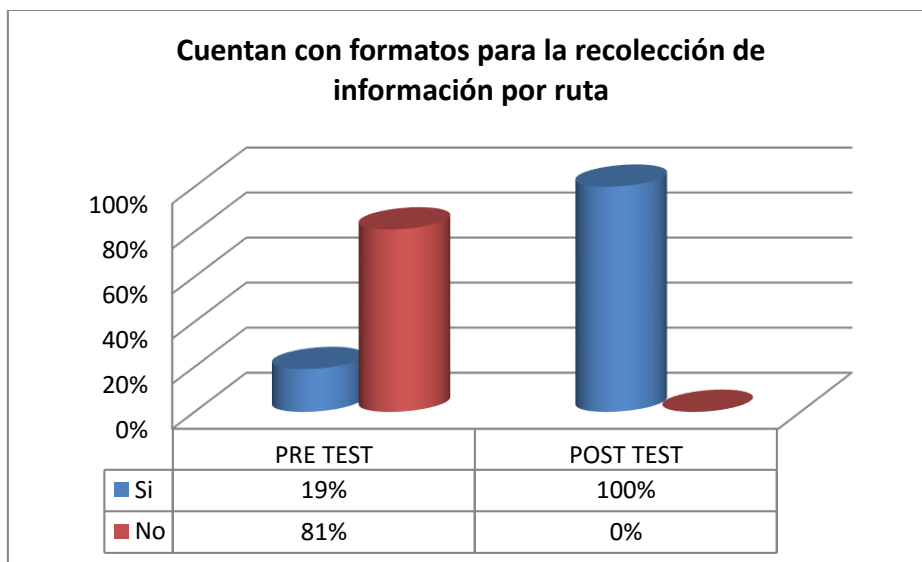


Gráfico N° 08: Cuentan con formatos para la recolección de información por ruta

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 07, se evidencia la ausencia de las herramientas de control y monitoreo básico para recolección de información por ruta, que luego con la aplicación del proyecto se implementa su uso.

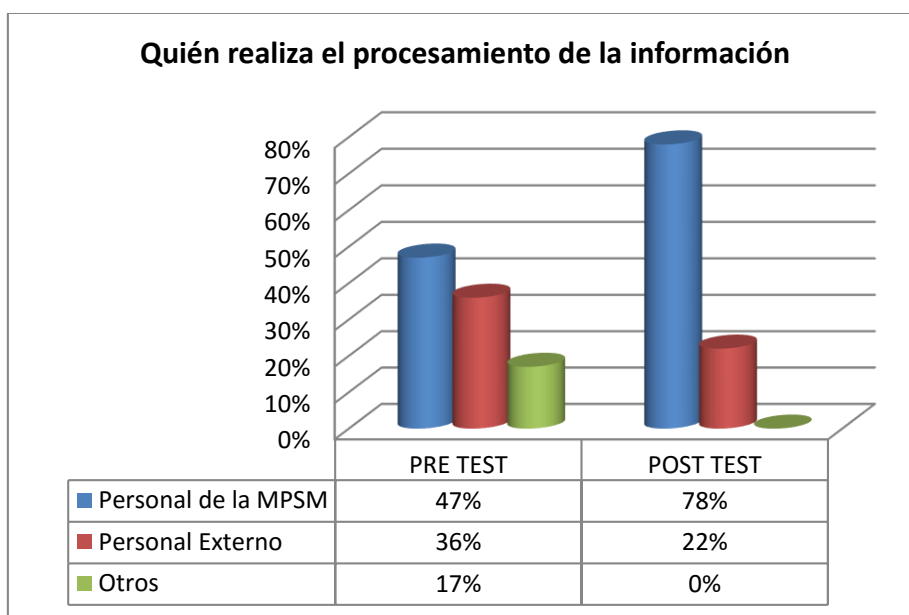


Gráfico N° 09: Quién realiza el procesamiento de la información

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 08, El procesamiento de la información se hace dentro de la misma USASS con el personal propio antes y después de la intervención del proyecto. Aunque antes no se recopilaba información debido a que la comunicación era de tipo informal

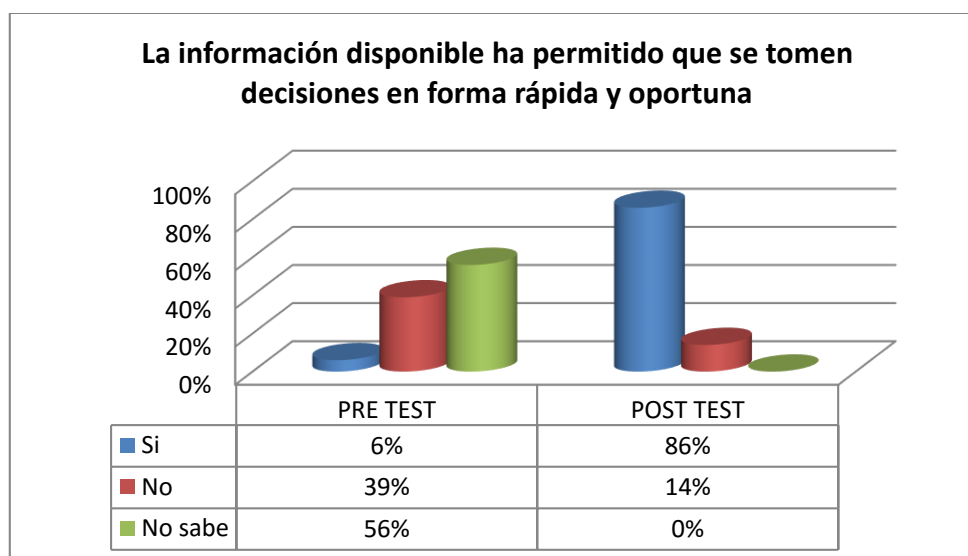


Gráfico N° 10: Información disponible para la toma de decisiones rápida y oportuna

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 09, antes de la implementación del modelo de simulación de producción y recojo de residuos sólidos, la información disponible no era muy relevante para la toma de decisiones, no era oportuna ni rápida, con la implementación la información se encuentra en forma rápida y oportuna.

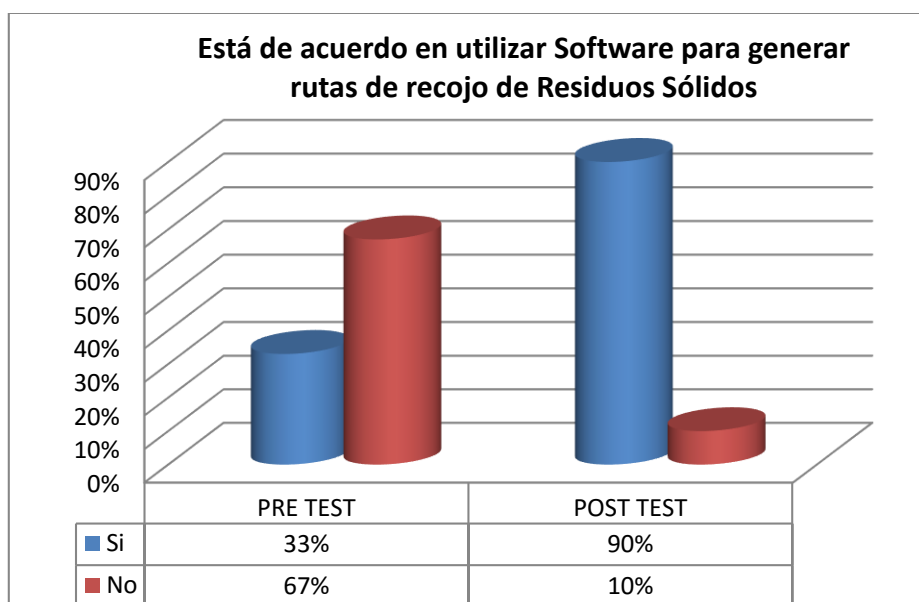


Gráfico N° 11: Está de acuerdo en utilizar Software para generar rutas de recojo de Residuos Sólidos

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N° 10, según la percepción del personal en cuanto a utilizar software para generar rutas de recojo el 33% manifiesta está de acuerdo y el 67 % no está de acuerdo, después de la implementación del modelo según el post test el 90% manifiesta que está de acuerdo y un 10% que no lo está. En conclusión los empleados están de acuerdo a que las rutas de recojo de residuo sólido se generen con la utilización de un software.

CAPÍTULO V

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados estadísticos de la prueba del post test se observa

- ✓ El 100 % de los empleados manifiestan que si se recopila información y que cuentan con los registros de recolección, cuadro de reportes diarios del recojo de residuos sólidos por ruta, es decir se va evidenciado la implementación de los instrumentos.
- ✓ El 89% de los empleados manifiestan la existencia de una herramienta de simulación que apoye al proceso de planificación de recojo, con los que se evidencia la construcción del modelo de simulación del proceso de generación de residuos sólidos.
- ✓ El lingo brinda una solución óptima para el recojo de residuos sólidos sin embargo esta se nutre de las experiencias de los choferes de rutas para definir el camino más apropiado a seguir, tomando en cuenta la facilidad de la ruta y los caminos disponibles para el libre tránsito.
- ✓ La dinámica de sistemas es una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier tipo de sistemas, mediante la simulación en distintos escenarios se selecciona entre diversas acciones futuras. Así la planificación provee un enfoque racional para lograr objetivos preseleccionados con lo cual se cumple los objetivos y la hipótesis.

CAPÍTULO VI

VI. CONCLUSIONES

- ✓ Utilizando la fase de conceptualización de la metodología de la dinámica de sistemas se ha conocido el comportamiento real del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto, el cual se manifiesta en la descripción del sistema, el horizonte temporal y el diagrama causal del sistema.
- ✓ Mediante la dinámica de sistemas se construye los diagramas de Forrester que simula el comportamiento del sistema en base a las variables y ecuaciones.
- ✓ El modelo matemático utilizado para la minimización de rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto fue el de programación lineal, el cual nos demuestra que con un efectivo usos de recursos se puede minimizar en una ruta hasta 1.02 kilómetros de la ruta planteada de recorrido ahorrando combustible y hora vehículo.
- ✓ El software lingo es la herramienta de fácil uso e interpretación para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos.

Se ha podido demostrar que $T_c > T_t$ ($13.595 > 1.782$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Utilizando la dinámica de sistemas se optimizará las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.

CAPÍTULO VII

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda a la USASS usar masivamente las fichas generadas en la presente investigación con la finalidad de poder tener información adecuada para la toma de decisiones en futuras investigaciones.
- ✓ Se recomienda a la empresa que utilice los modelos de programación como una base para adaptar un modelo final que conozca todas las características de la ruta a manejar.
- ✓ Se recomienda a la USASS que trabaje a la par con el área de soporte de sistemas, específicamente con el área de desarrollo, para que le garantice el mantenimiento del sistema.

CAPÍTULO VIII

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Aracil Javier y Gordillo Francisco, *Dinámica de sistemas*, Alianza editorial, Madrid, 1997.
- 2) Correa, Y., Santos, R., Góme, L., *La Problemática de los Residuos Sólidos y su Gestión en la Ciudad Universitaria Abel Santamaría*, Facultad de Química-Farmacia. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Cuba, 2009.
- 3) Diccionario: Definición de ruta - Qué es, Significado y Concepto <http://definicion.de/ruta/#ixzz3MGNhrpBm>.
- 4) González, A (2002), *La preocupación por la calidad del medio ambiente*. Facultad de Ingeniería. Universidad Complutense de Madrid. Madrid- España.
- 5) Hernandez, R. S. (1998), *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill – Internacional de México, S.A de C.V.
- 6) Kerlinger, Fred N. (1979). *Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento*. México, D.F.:Nueva Editorial Interamericana. Capitulo número 8 ('Investigación experimental y no experimental').
- 7) Kunitoshi, S. (1980), *Diseño de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos*. Chile: División de Protección de la Salud Ambiental.
- 8) Ley N° 27314, *Ley General de Residuos Sólidos (LGRS) y su Reglamento*, Decreto Supremo N° 057-2004-PCM
- 9) Martínez, S. (1997), *Producción y recuperación del biogás en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos*. Facultad de Medicina. Ciencias Universidad de Oviedo. Escuela Medicina. Oviedo-España.
- 10) Men, C. (Marzo 2007), "Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal del Estado de Hidalgo". Estado de Hidalgo - México. Pag.169
- 11) Nerab, N. (2011), *Análisis de las Condiciones en el Manejo De Residuos Sólidos Urbanos y Propuesta de un Plan de Manejo Integral para la Localidad de Capulalpam de Méndez*. Ciencias Ambientales. Universidad de la Sierra Juárez. Juárez – México.

- 12) Ribera, G. (2011), *Diagnostico de la Problemática de los Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Ciudad Ixtepec*. Ingeniería Ambiental. Universidad del Mar. Oaxapa – México.
- 13) Rojas, M A. (2010), *Utilidad de la Dinámica de Sistemas en el Funcionamiento de dos Servicios Públicos un Caso de Aplicación en la Recolección de Desechos Sólido*. Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional Experimental de Guayana Estado Bolívar. Coordinación de Informática –Venezuela
- 14) Sánchez, G. (Marzo 2007), *Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal del Estado de Hidalgo*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Químicas. Estado de Hidalgo – México.
- 15) Sevillano, V. (2007), *Empatía y cognición social en la preocupación por el medio ambiente*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid-España.

CAPÍTULO IX

IX. ANEXOS

Anexo 01: Metodología de la Dinámica de Sistemas

DINÁMICA DE SISTEMAS

Tema: Recolección de residuos sólidos.

1. Conceptualización

En el transporte de residuos sólidos, no es común encontrar métodos de optimización de rutas, sin embargo, es importante teniendo en cuenta los altos costos del servicio para la recolección, manejo y transporte de residuos sólidos. Usualmente, las rutas son generadas por criterio del Supervisor General de Operaciones en conjunto con los choferes, lo cual brinda deficiencias en el modelo propuesto: numerosas repeticiones de recorrido en las calles del mapa para poder abarcar todo el camino, y selección de caminos muy largos debido a no haber un criterio de minimización de recorrido. Una deficiente propuesta de ruta y una selección de camiones con capacidades no adecuadas, derivarán en deficiente operación y funcionamiento del equipo, desperdicio de personal, reducción de las coberturas del servicio de limpieza y la proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto. Entre las razones por las que no se realizan los métodos de optimización de rutas se encuentran los costos de implementación de los sistemas y la falta de conocimiento de parte de los Jefes de Operaciones en implementación de proyectos relacionados al tema.

Según Cerrón en su documento “Diseño de Rutas Óptimas de Recolección de Residuos Sólidos Domésticos mediante el Software Mars”, tradicionalmente hay tres partes importantes de resolución del problema: macroruta, distribución y balance de la ruta y microruta. La macroruta se refiere a dividir la ciudad en zonas y subzonas a grandes rasgos, para uniformizar las características de todas las zonas. La distribución se refiere a dividir y balancear las rutas, determina los días de trabajo y divide las

áreas de recolección dentro de las rutas balanceadas para que todas las cuadrillas tengan igual carga de trabajo. Por último, la etapa de Microruteo se refiere a dividir cada subzona en sectores, para resolver un conjunto de problemas aislados.

1.1. Descripción verbal del sistema

La Municipalidad Provincial de San Martín presta el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos, a nivel de recolección domiciliaria, industrial y de comercio, en el distrito de Tarapoto; Su Centro de Operaciones se encuentra en el Taller Municipal, donde se ubican la sede administrativa, el taller y el estacionamiento de vehículos. El botadero de Yacucatina se encuentra ubicado en la parte sur de la carretera Fernando Belaúnde, kilómetro 21, donde transportan los desperdicios.

La MPSM dentro de su organigrama jerárquico solo se contemplan las áreas, la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad Y salud pertenece al Área de Subgerencia de Gestión Ambiental Y Ordenamiento Territorial (**Figura N° 04**), esta unidad se encargada de la limpieza pública del distrito de Tarapoto, son los encargados recoger y transportar los residuos sólidos hasta el botadero.

ESTRUCTURA ORGANICA DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTIN
 APROBADO CON ORDENANZA MUNICIPAL N° 621-2007 DEL 27-12-07

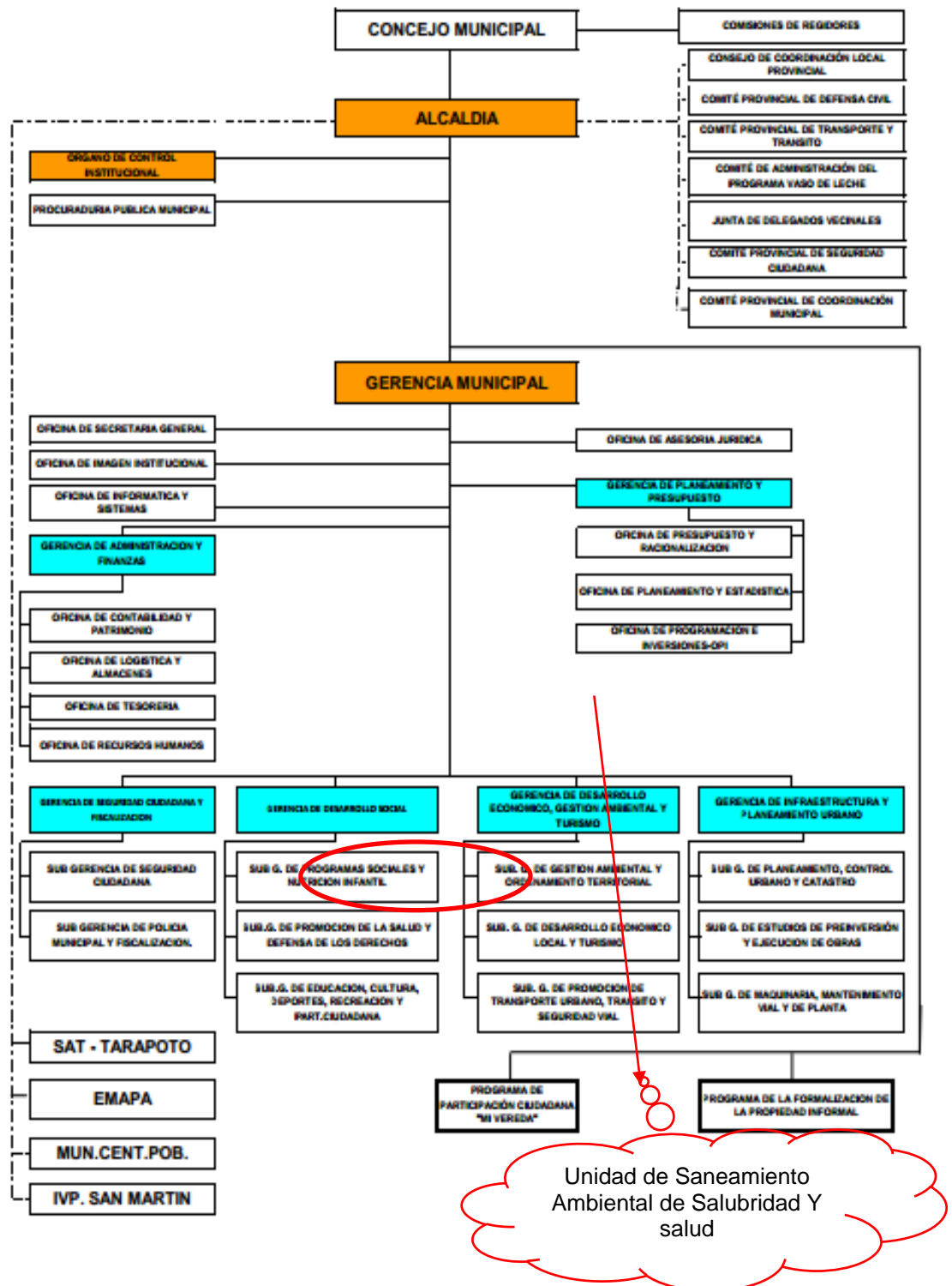


Figura N°04: Organigrama MPSM

Fuente: MPSM.

Actualmente cuenta 70 trabajadores involucrados en servicio de recojo de residuos sólidos, de los cuales 15 son conductores, 36 apoyo a conductores, 13 barredores, y los demás pertenecen a la parte Administrativa.

1.2. Descripción precisa del sistema.

La MPSM cuenta con 6 compactadores para el servicio de recojo de residuo sólido, tal como se muestra en el cuadro N° 01.

Cuadro N° 19: Capacidad efectiva de carga por viaje

NRO.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (M3)	CAPACIDAD DE CARGA	CAPACIDAD EFECTIVA DE CARGA POR VIAJE %	CAPACIDAD EFECTIVA DE CARGA POR VIAJE
		A	B = A * Densidad	C	D = B * C
1	Compactadora	15	7.5	0.8	6
2	Compactadora	15	7.5	0.8	6
3	Compactadora	15	7.5	0.8	6
4	Compactadora	15	7.5	0.8	6
5	Compactadora	15	7.5	0.8	6
6	Compactadora	15	7.5	0.8	6

Fuente: Jefatura Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la Municipalidad Provincial de San Martín

La Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud de la MPSM se encarga de la gestión recolección y transporte de residuos sólidos hasta el botadero de Yacucatina. El personal administrativo se encarga de establecer el plan de ruteo con la ayuda de los choferes y ayudantes, ya que estos cuentan con gran experticia y conocen bien las calles del distrito de Tarapoto.

Existen 2 intervalos de tiempos normales de ingreso y salida de vehículos donde los vehículos pueden operar todo el distrito: mañana y tarde como se muestra en la Cuadro N° 19.

Cuadro N° 20: Horario

Turno	Cantidad de vehículo	Horario
Día	6	05:00am - 12:00pm
Día	4	12:00pm - 08:00pm

Fuente: Elaboración propia.

El distrito de Tarapoto tiene 20 rutas definidas los vehículos recolectores tienen que pasar 3 veces por semana por cada ruta para garantizar que la ciudad no presente acumulación de residuos sólidos; las rutas son asignadas por la parte administrativa a los choferes. Estas rutas son designadas por la USASS con consentimiento del Área de Subgerencia de Gestión Ambiental Y Ordenamiento Territorial, y se basa en la distribución urbana-geografica del distrito, sin embargo no se sigue ningún método matemático para la optimización de rutas.

En el cuadro N° 21, se muestra las rutas actuales que maneja la USASS, en la cual se contempla el número de ruta y las calles que se tendrán que recorrer para la recolección de residuos sólidos.

Cuadro N° 21: Rutas Actuales

RUTA	CALLES	RUTA	CALLES	
1	PUERTO AZUL (TODO).	10	BOULEVARD DE LA PAZ.	
	JR. AVIACIÓN.		JR. MOYOBAMBA.	
	JR. RAMÓN CASTILLA.		JR. MIGUEL GRAU.	
	JR. MARTÍNEZ DE COMPAGÑÓN.		JR. LEONCIO PRADO.	
	PETROPERÚ		JR. RIOJA.	
2	AEROPUERTO	11	JR. LAMAS.	
	F.A.P.		JR. BOLOGNESI.	
	JR. JOSÉ PARDO		JR. MATEO PUMACAHUA.	
	JR. INDEPENDENCIA.		JR. MANUELA MOREY.	
	JR. CAPIRONA.		JR. ALFONSO UGARTE.	
	JR. SAN PEDRO.		JR. SOFÍA DELGADO.	
	JR. VÍCTOR MANUEL.		JR. DANIEL ALCIDES CARRIÓN.	
	JR. HUÁSCAR.		JR. ANDRÉS AVELINO CÁCERES.	
	JR. ATAHUALPA.		JR. MANUEL AREVALO ORBE.	
	JR. ORIENTE.		JR. NICOLÁS DE PIÉROLA.	
3	SECTOR PRIMAVERA (TODO)	12	JR. TOMAS MEZA.	
	JR. TAHUANTINSUYO.		JR. RICARDO PALMA.	
	JR. JUAN VARGAS.		JR. JIMÉNEZ PIMENTEL.	
	JR. SHAPAJA.		JR. LIBERTAD.	
	JR. ORELLANA.		JR. SANTA INÉS.	
4	JR. MICAELA BASTIDAS.	13	JR. TACHA.	
	JR. ALONSO DE ALVARADO.		AV. CIRCUNVALACIÓN.	
	AV. LIMA.		SECTOR TAKIWASI (TODO)	
	JR. PEDRO DE ÚRZUA.		CRAS.	
	JR. GREGORIO DELGADO.		EMAPA.	
	JR. LEGUIA.		ALERTA.	
5	JR. SAN MARTÍN.	14	PRL. ALERTA.	
	JR. MAYNAS.		VIA DE EVITAMIENTO (IDA Y VUELTA)	
	SECTOR BERNABÉ GURIDI (TODO)		URBANIZACIÓN 09 DE ABRIL (TODO).	
	JR. RICARDO PALMA.		15	JR. LOS ÁNGELES.
	JR. CAHUIDE.			PSJE. TRUJILLO.
	JR. MANCO CAPAC.			PSJE. PROCERES.
JR. RAIMONDI.	PSJE. MIRAFLORES.			
JR. JIMÉNEZ PIMENTEL.	JR. UNION.			
JR. SAN PABLO DE LA CRUZ.	JR. AMERICA.			
6	JR. JOSE OLAYA.	16	JR. JOSÉ A. QUIRÓNES.	
	JR. JORGE CHAVEZ.		JR. SINCHI ROCA	
	JR. HUALLAGA.		JR. PERÚ.	
	JR. ILO.		JR. SAPOSOA.	
	JR. MIRAFLORES.		JR. JUANJUI.	
	JR. LUIS FLORES.		JR. ESPAÑA.	
7	PROL. JORGE CHÁVEZ.	17	PRL. ESPAÑA.	
	PSJE. PARÁISO.		JR. VISTA ALEGRE.	
	NUEVA ESPERANZA (TODO).		JR. FEDERICO SÁNCHEZ.	
	SECTOR TARAPÓTILLO (TODO).		JR. SANTA ROSA.	
	LOMA DE SAN PEDRO.		JR. MARTIN DE LA RIVA.	
	JR. YURIMAGUAS.		JR. JUAN DE LA RIVA.	
	CONDOMINIO.		JR. TOMAS VILLACORTA.	
8	TIWINZA.	18	JR. COMANDANTE CHIRINOS.	
	SECTOR ATUMPAMPA.		JR. SUCRE.	
	SECTOR GRAU.		JR. ELÍAS LINARES.	
	JR. ALFONSO UGARTE.		JR. LIMATAMBO.	
9	AA.HH. LAS DUNAS.	19	PSJE. LIMATAMBO.	
	SECTOR LOS JARDINES (TODO).		JR. SACHAPUQUIO.	
	MERCADO HUEQUITO.		JR. ARICA.	
	PLATAFORMA N° 02.		JR. SANTA EUFRASIA.	
	PSJE. CHANKAS		JR. 04 DE SETIEMBRE.	
	JR. LOS ROSALES.		JR. UCAYALI.	
	PSJE. 04 DE AGOSTO.		JR. CUZCO.	
	JR. 1 DE JULIO.		JR. VENCEDORES DE COMAYNAS.	
	PSJE. ALMENDRAS.		SECTOR YUMBITES (TODO).	
	JR. VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE.		10 DE AGOSTO (TODO).	
JR. PROCERES.	AA.HH. 02 DE MAYO (TODO)			
20		20	MERCADO EL HUEQUITO.	
			PLATAFORMA N° 02.	
			RUTA ESCOLAR.	

Fuente: Elaboración propia

El sistema de recolección de recojo de residuos sólidos se detalla en la **Figura N° 05**.

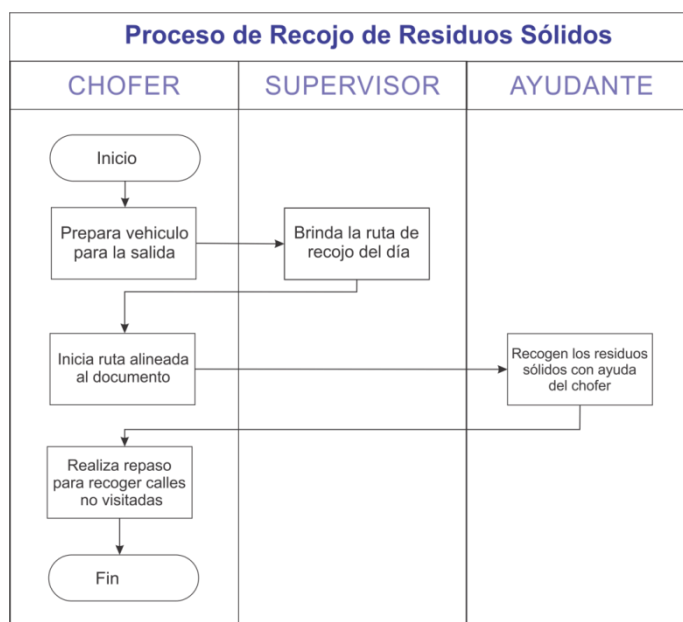


Figura N° 05: Proceso de recojo de residuos solidos

Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizada la ruta, el chofer se dirige al botadero de Yacu atina, donde se vacía el camión y este regresa a la base de la empresa. Es ahí donde el supervisor revisa el volumen, para confirmar la penalización y si no es así, se le paga el monto uniforme para todos los trabajadores.

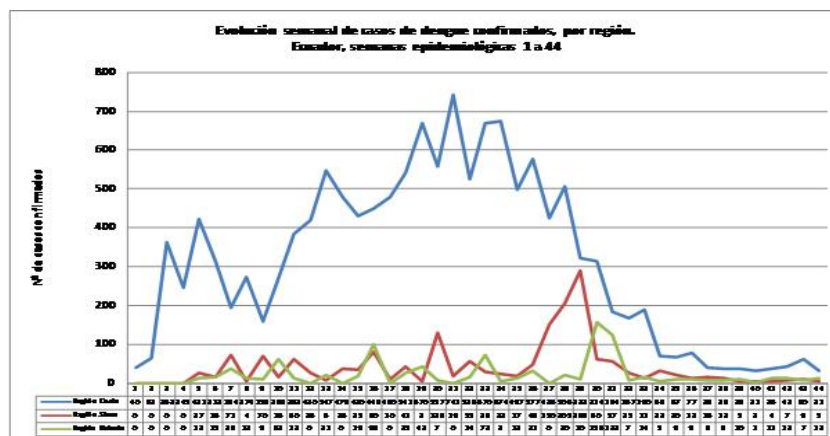
En el cuadro N° 03, se observa el número de veces que el carro recolector se llena en la semana laboral y procede a depositar los residuos sólidos en el botadero de Yacucatina.

Cuadro N° 22: Viajes por día al botadero de Yacucatina

NRO.	DESCRIPCIÓN	VIAJES	
		MAÑANA	TARDE
1	Compactadora	2	1
2	Compactadora	2	1
3	Compactadora	2	1
4	Compactadora	2	1
5	Compactadora	2	1
6	Compactadora	2	1
TOTAL		12	6

Fuente: Elaboración propia

1.2.1. Modo de referencia



Modelo referencial de recojo de basura semanal de residuos sólidos durante 48 semanas.

1.2.2. Horizonte temporal.

Para el caso de estudio la línea de tiempo a seguir será de 0.0049 Toneladas a semanas (), tomando como referencia la población estimada de 137923 según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) y la producción de residuos sólidos por persona a la semana será de 0.7 kg.

1.3. Construcción de un Diagrama Causal

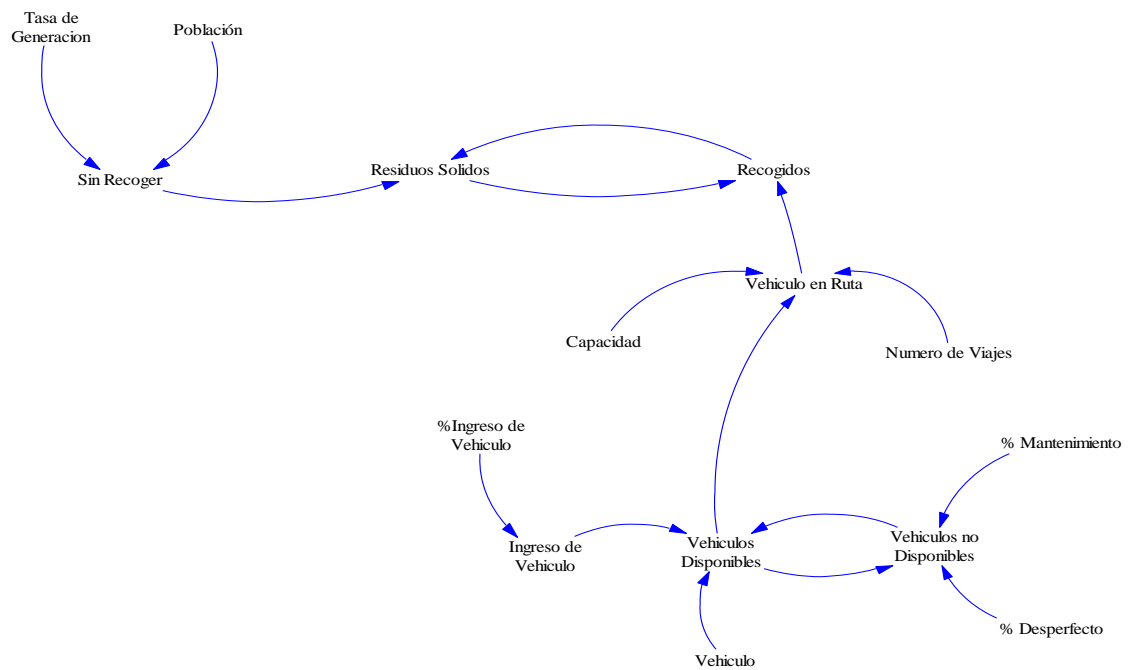


Figura N° 06: Diagrama causal

Fuente: Elaboración propia

2. Representación o Formulación

Para poder construir el diagrama de Forrester se tuvo en cuenta la identificación de las variables y sus respectivas magnitudes.

Cuadro N° 23: Descripción de variables

VARIABLES	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Población	Habitante	Número de habitantes según INEI 2014
Tasa de Generación	Habitante/Semana	Geracion de residuos solido de un Habitante por Semana
Sin Recoger	tonelada	Residuos Solidos denerado por los habitantes
Residuos solidos	tonelada	Residuos Solidos existente en el distrito de Tarapoto
Recogidos	tonelada	Residuos Solidos enviados al botadero
Capacidad	Tonelada/Vehiculo	Capacidad del Vehiculo
Vehiculo en Ruta	Tonelada	Capacidad de todos los vehiculos disponibles
Numero de Viajes	Unidad	Número de viajes que hace un Vehiculo al Botader en la semana
%Desperfecto	1/semana	Porcentage de desperfecto de un vehiculo a la semana
%Mantenimiento	1/semana	Porcentage de mantenimiento de un vehiculo a la semana
Vehiculo operativo	Unidad	Número de vehiculos operativos a la semana
Vehiculo	Unidad	Número total de vehiculos disponibles

Fuente: Elaboración propia

2.1. Construcción del Diagrama de Forrester

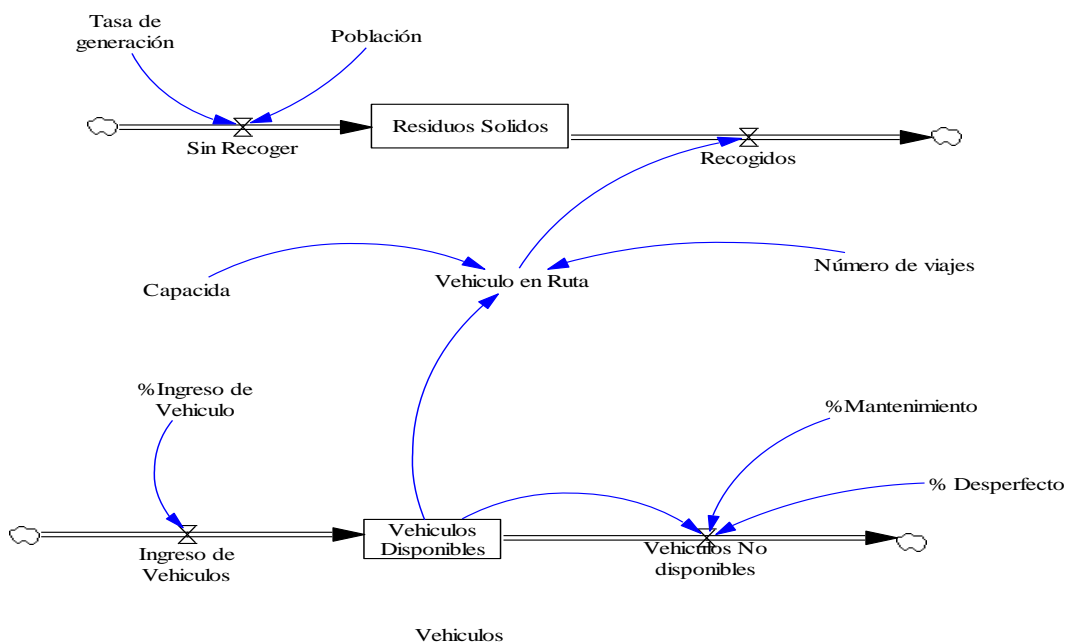


Figura N° 07: Diagrama Forrester

Fuente: Elaboración propia

2.2. Establecimiento de las Ecuaciones para Simulación

En el cuadro N° 05, se detallan los datos reales que son introducidos en nuestras variables.

Cuadro N° 24: Valor de las variables

DESCRIPCION	
Promedio viajes por dia	3 veces
Promedio viajes por semana laborable	18 veces
Capacidad Promedio	6 T
% Mantenimiento (1 cada 4 semanas)	0.0025
% Desperfecto (1 cada 3 semanas)	0.00333
Habitantes según INEI	137923
Tasa generación 0.7 kg diario	0.0049 T

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Ecuaciones

VARIABLES	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Población	Habitante	137923
Tasa de Generación	Habitante/Semana	0.0049
Sin Recoger	tonelada	$Población * Sin Recoger$
Residuos solidos	tonelada	$Sin Recoger - Recogidos$
Recogidos	tonelada	$Vehiculo en Ruta$
Capacidad	Tonelada/Vehiculo	6
Vehiculo en Ruta	Tonelada	$Capacida * Número de viajes * Vehiculos Disponibles$
Numero de Viajes	Unidad	18
%Desperfecto	1/semana	0.00333
%Mantenimiento	1/semana	0.0025
Vehiculo Disponible	Unidad	$Ingreso de Vehiculos - Vehiculos No disponibles$
Vehiculo	Unidad	6

Fuente: Elaboración propia

3. Análisis y Evaluación

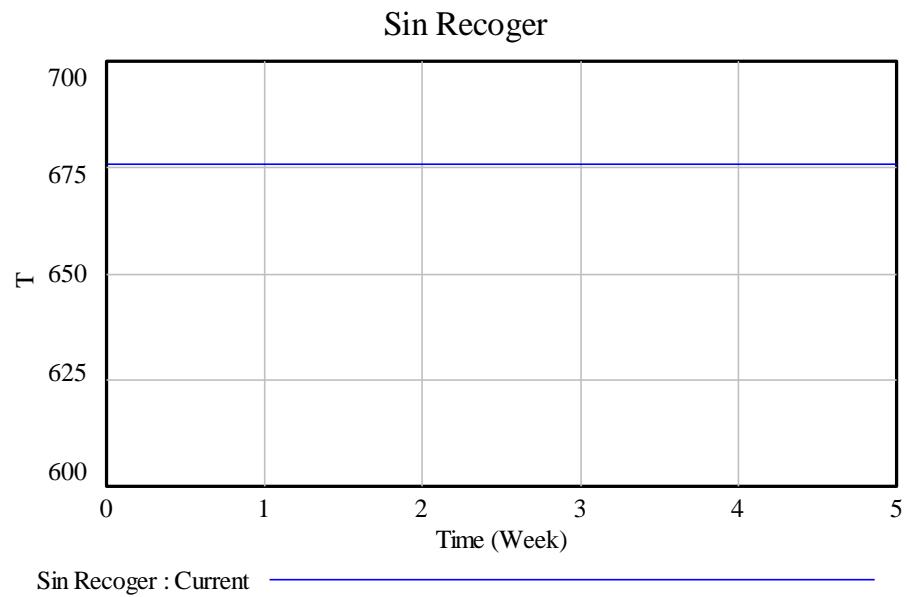
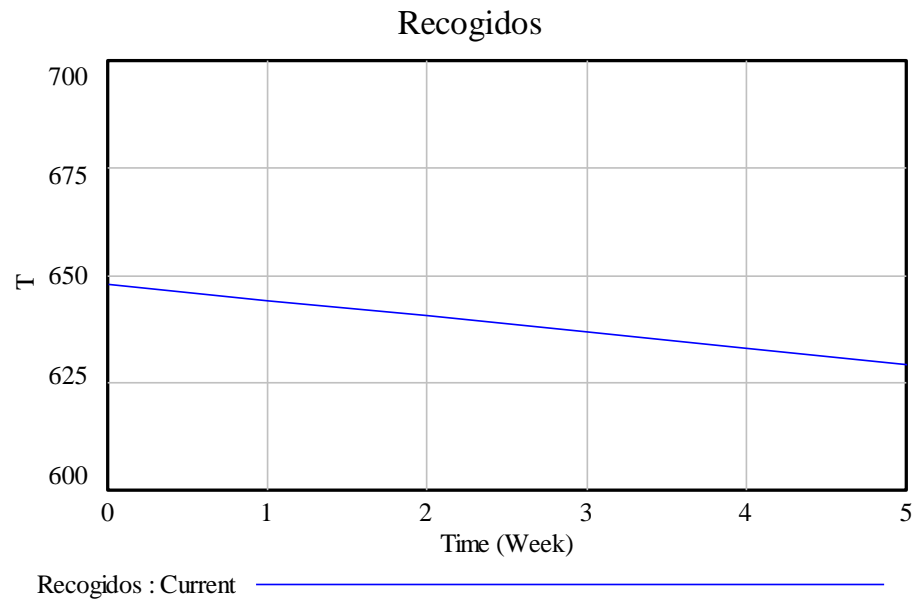
3.1. Análisis del Modelo

Con las ecuaciones y los valores de las variables se procede a interpretar los resultados obtenidos en el Diagrama de Forrester.

3.1.1. Comparación con el Modo de Referencia

Nuestro modelo de referencia plasma cantidades recogida de residuos sólidos durante 41 semanas, pero nuestro modelo simula la generación de residuos sólidos donde intervienen factores para poder recolectar estos residuos sólidos generados durante 5 semanas, nuestro objetivo es recolectar toda la basura generada por cada semana que es un total 675.823 toneladas para obtener una estabilidad en nuestro modelo propuesto.

3.1.2. Análisis de Sensibilidad

**Gráfico N° 11: Generación de residuos sólidos semanales****Fuente: Elaboración propia****Gráfico N° 12: Residuos sólidos recolectados****Fuente: Elaboración propia**

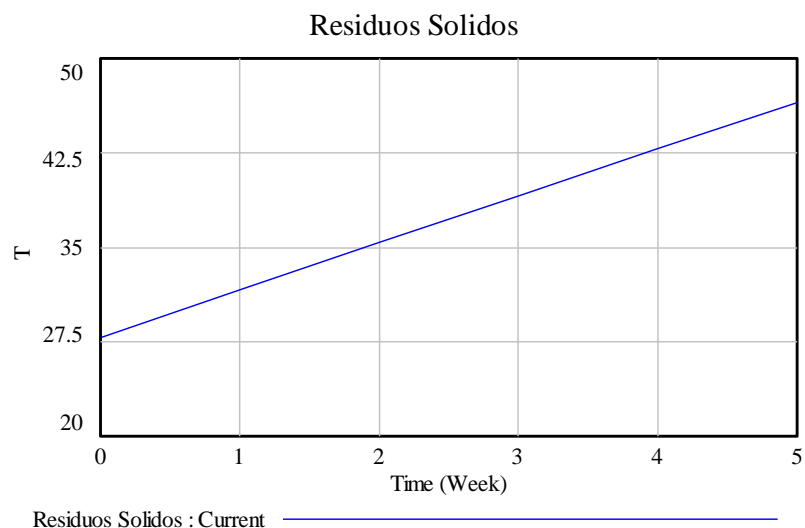


Gráfico N° 13: Residuos sólidos existente después del recojo
Fuente: Elaboración propia

El tema a tratar es ***Uso de la dinámica de sistemas para optimizar las rutas de recojo de residuo sólido en el distrito de Tarapoto***, el estudio plantea la problemática de la generación de residuos sólidos por parte de los habitantes del distrito de Tarapoto, esta será tratada por la cantidad de vehículos recolectores en ruta durante una semana, la USASS dividió al distrito de Tarapoto en 20 rutas que en una semana deben ser recorrida 3 veces, estas rutas producen un total de 675.823 toneladas en una semana según la **Gráfico N°11**. Asumimos que el total de residuos sólidos producidos en el distrito de Tarapoto es igual al total de residuos sólidos producidos en las 20 rutas, esto quiere decir que para poder garantizar que el distrito este limpio de residuos sólidos los vehículos recolectores deben recorrer cada ruta en su totalidad según la distribución asignada por la USASS.

El total de recojo varia con el transcurso del tiempo debido a que intervienen factores como el mantenimiento de vehículos que es 0.0025 por semana y el desperfecto que es el 0.003333 por semana, debido a esto factores el total de toneladas de residuos sólidos disminuye en cada semana según el **Gráfico N° 12**.

En la **Gráfico N° 13**, Los datos resultantes son positivos esto quiere decir que la cantidad de recojo es menor a la cantidad de residuos sólidos producidos por las 20 rutas, esto significa que el número de viajes tiene que ser mayor a 18 para garantizar la totalidad de recojo de residuos dolidos producidos en el distrito de Tarapoto.

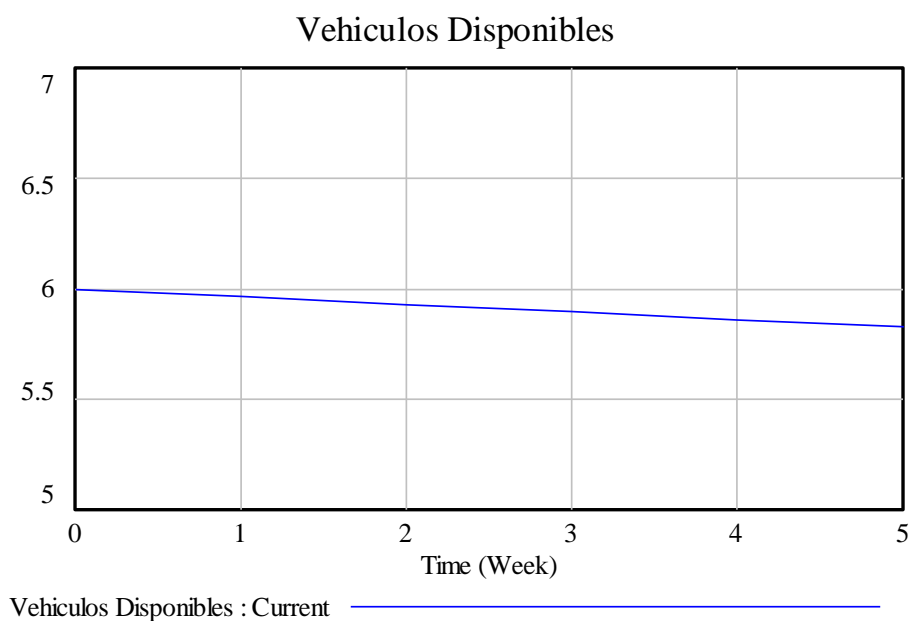


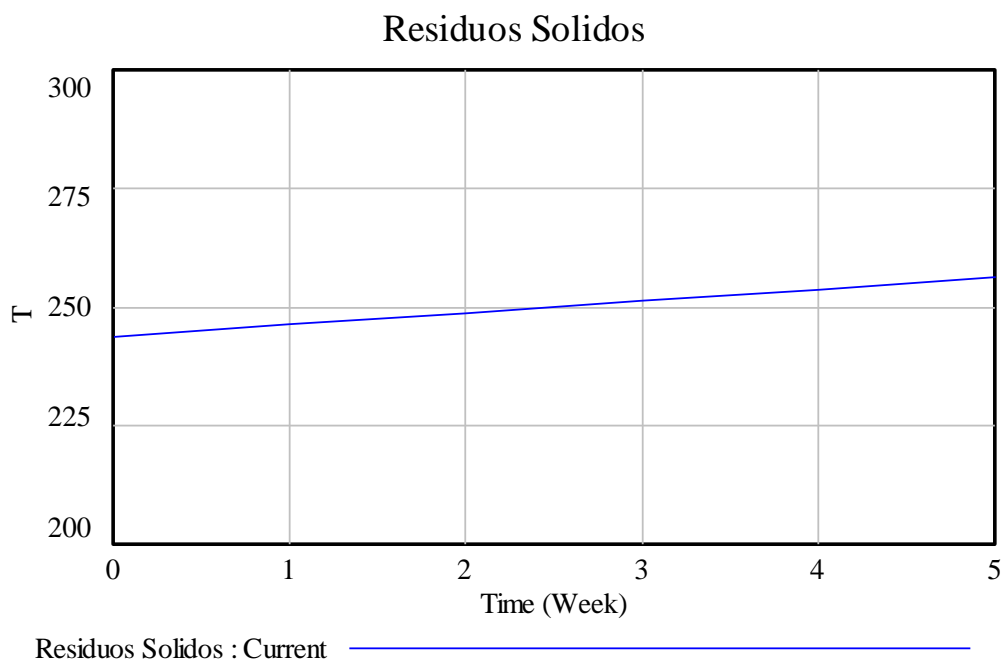
Gráfico N° 14: Disponibilidad de Vehículo

Fuente: Elaboración propia

En la **Gráfico 14** se observa que la disponibilidad de los vehículos se ve afectada por los factores de mantenimiento y desperfecto por semanales están presentes; pero a pesar de esto el sistema se estabiliza no sufre cambios que pueden afectar el problema de recojo de residuos sólidos.

3.1.3. Análisis de Políticas

Se plantea el caso en que solo existan 4 vehículos, esto quiere decir que el número de viajes por semana de cada compactador tiene que aumentar para lograr la estabilidad del sistema.



**Gráfico N° 15: Residuos sólidos existente después del recojo
al tener 4 vehículos**

Fuente: Elaboración propia

En la **Gráfico N° 15**, se muestra que si tenemos 4 compactadoras disponibles sería imposible recolectar todo los residuos sólidos del distrito de Tarapoto y por ende no sería posible cumplir el recorrido de 3 veces por semana las 20 rutas del distrito.

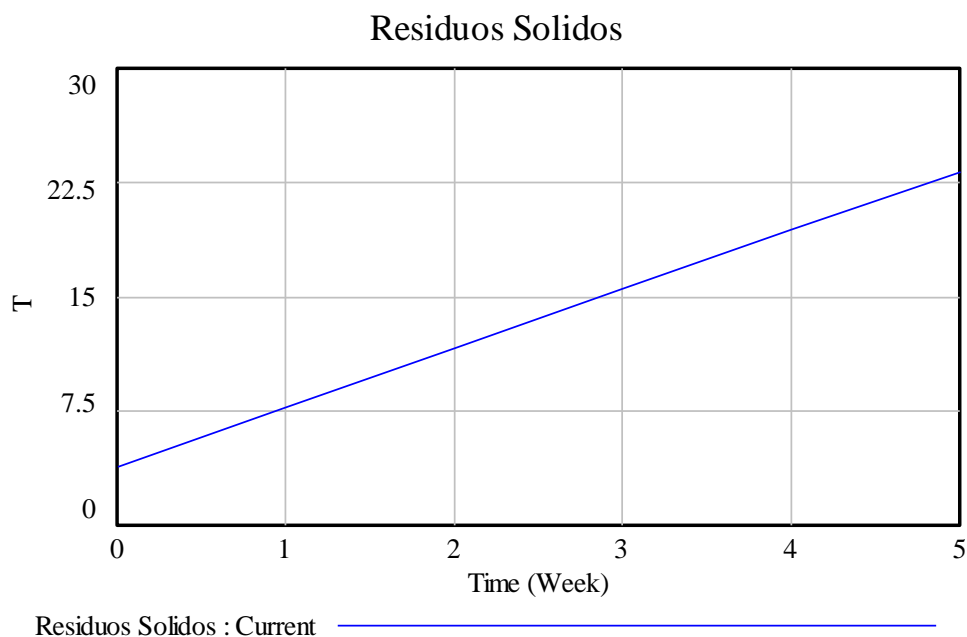


Gráfico N° 16: Ajuste de variables para disminuir los residuos sólidos existentes al tener 4 vehículos.

Fuente: Elaboración propia

Realizando los ajustes correspondientes se determinó que el número de viajes por semana de cada vehículo es 24, con esto se logra la estabilidad del sistema, pero esto significaría que los trabajadores harían horas extras y los vehículos serán esforzados a trabajar más horas, consecuentemente a esto aumentaría los gastos de insumos y pago de horas extra al personal.

3.2. Evaluación, Comunicación e Implantación

Gracias a la simulación podemos deducir lo siguiente

3.2.1. Evaluación

- ✓ El total de residuo sólido que produce un habitante es de 4.9 Kg a la semana, esto significa que el Vehículo recolector tiene que pasar por las 20 rutas 3 veces a la semana para poder contrarrestar la generación de Residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.

- ✓ Actualmente la municipalidad distrital de Tarapoto cuenta con 6 vehículos para el servicio de recolección de residuos sólidos, estos vehículos son sobre esforzados cuando un vehículo se malogra debido a que deben realizar más tiempo de trabajo para poder recorrer las diferentes rutas y con esto garantizar el recojo normal según lo planificado por la USASS.
- ✓ Cabe recalcar que cuando se malogren 2 vehículos recolectores la generación de residuos sólidos será mayor a la compactada por semana, provocando incremento de basura en las calles y el malestar de la población.
- ✓ La simulación del sistema proyecta cual es el comportamiento de los residuos sólidos según las variables y permite evaluar situaciones en las que la planificación de recojo de la USASS presente problemas, con la finalidad de tomar decisiones para solucionar los problemas que se presenten.

3.2.2. Comunicación e implementación

- ✓ Para garantizar la efectividad de recojo de residuo sólido en el distrito de Tarapoto, se propone utilizar la programación lineal para optimizar las rutas existentes y con esto garantizar el ahorro en combustible y vida útil del vehículo recolector (Solución con el Software LINGO para optimizar rutas).
- ✓ Se recomienda a la USASS que realicen proyectos para obtener más vehículos compactadoras para la recolección de los residuos sólidos.
- ✓ La cantidad necesaria para la recolección sería aproximadamente 8 vehículos, se reduciría el número de viajes por vehículo de esta manera se garantizaría el buen funcionamiento de los vehículos.
- ✓ Se recomienda tener un estacionamiento adecuado para los vehículos de esta manera garantizar la seguridad y

Anexo 02: Optimización de Ruta a través de LINGO

LINGO

1. Modelo de optimización de rutas

Para construir la fórmula objetivo para el modelo de optimización, se tomará como base el Método del Agente Viajero TSP.

1.1. El Problema del Agente Viajero (PAV) o Traveling Salesman Problem (TSP)

Es un problema que se estudia en Investigación de Operaciones como parte de la toma de decisiones en las organizaciones.

Este problema se plantea la siguiente pregunta: Dada una lista de ciudades y las distancias entre cada par de ciudades, ¿cuál es la ruta más corta posible que visita cada ciudad exactamente una sola vez y vuelve a la ciudad de origen?

1.1.1. Problema del Agente Viajero Simétrico

Conocido como el Symmetric Traveling Salesman Problem (TSP o PAV). Dado un conjunto de n nodos y distancias para cada par de nodos, encontrar una longitud total mínima que visite cada uno de los nodos exactamente una vez. La distancia del nodo i al nodo j es la misma que del nodo j al nodo i .

1.1.2. Formulación de la programación lineal en enteros

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{i=0}^n \sum_{j \neq i, j=0}^n c_{ij} x_{ij} \\
& 0 \leq x_{ij} \leq 1 \quad i, j = 0, \dots, n \\
& x_{ij} \text{ integer} \quad i, j = 0, \dots, n \\
& \sum_{i=0, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad j = 0, \dots, n \\
& \sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n \\
& u_i - u_j + n x_{ij} \leq n - 1 \quad 1 \leq i \neq j \leq n.
\end{aligned}$$

2. Descripción del modelo

Tengamos en cuenta que los arcos pueden ser dirigidos y no dirigidos. Si el arco es dirigido solo se puede ir desde el nodo inicial hasta el nodo final, es decir, una calle con un solo sentido, y si el arco es no dirigido, significa que los nodos se pueden recorrer en ambos sentidos. A cada arco se le puede asociar una distancia o un costo.

A partir de esta información, se realizó una función objetivo que minimice la distancia total recorrida. El camino obligatorio a recorrer se definió según las características de las direcciones de las calles. El camión de basura de la MPSM tiene que dejar limpia toda la ruta, sin embargo eso no necesariamente significa que el camión tiene que recorrer todas las calles, como se puede observar en las rutas del en la figura 02. El camión pasa por la mayoría de caminos pero no por todos, pues los caminos por los que no pasa serán recogidos por un triciclo de la MPSM, por los mismos trabajadores que recorren el camino a pie o no se recorre debido a la formación de centros de acopio que permitan recoger la basura desde puntos estratégicos.

A partir de esto, se define que la manera más efectiva de definir la ruta es mediante las esquinas del mapa como puntos de paso obligatorios, teniendo en cuenta que se deberán recorrer todos los puntos, para que todas las calles queden cerca de una parte de la ruta, y así se puedan

aplicar las acciones necesarias para completar el recorrido, ya sea decidiendo el pase de un triciclo, o el apoyo de los recogedores.

3. Las restricciones que tiene el modelo

Primero, el vehículo debe cruzar todos los nodos del mapa. Para esta restricción, se tendrá en cuenta cada camino existente. Para cada nodo se tendrán diferentes restricciones. Si es un camino de sólo una entrada o salida, entonces se colocará como restricción el único arco adyacente a ese nodo, y se le colocará una restricción de mayor o igual a 1 (entrada y salida). Para los caminos de 2 o más arcos adyacentes, se utilizará la restricción de que la suma de todos los arcos será mayor igual a 2. Esto, debido a que se busca con el modelo que la entrada y salida sea por puntos diferentes, para diversificar el camino.

4. Identificar la solución

El detalle de la solución del LINGO respecto a los resultados, se encontró que los arcos que tienen valor 0, indican que no es necesario pasar por esos arcos y los que tienen 1 significan que son arcos por los que sí tiene que pasar el modelo. También existen datos cuyo valor está entre 0 y 1. Estos casos se tomaron como parte de la solución de la optimización, debido a que tienen un valor mínimo, lo cual implica necesidad de ser usados como parte de la solución objetivo para el funcionamiento correcto del sistema.

5. Consideración a tener en cuenta

Como propuesta, se definieron rutas empíricas a partir de la solución del modelo, con la premisa de que recorran la mayoría de arcos de la solución propuesta. Esta definición se basa en cuatro principios:

- ✓ El primero es utilizar la solución en LINGO como la base para definir los caminos más cortos. Entre dos rutas, siempre se podrá tomar como preferente el camino obtenido en LINGO por ser este el modelo que define los caminos más cortos.

- ✓ Debido a que esta solución en LINGO es parcial y no brinda un camino definido, el segundo principio será el de utilizar la experiencia de los choferes de rutas para definir el camino más apropiado para seguir, tomando en cuenta facilidad de la ruta y caminos disponibles para el libre tránsito.
- ✓ El tercer principio es el de utilizar las direcciones de las avenidas disponibles en Google Maps, este caso se aplica principalmente a avenidas Principales.
- ✓ El último principio es que los inicios y finales de ruta sean en avenidas principales. Esto debido a que brindará menor dificultad para repetir caminos recorridos y para regresar a la Base, debido a que las avenidas principales permiten la rápida ubicación y traslado de los vehículos.

Solución propuesta

El objetivo de la investigación es optimizar las rutas del distrito de Tarapoto, para ello pondremos el caso de la parte céntrica de la ciudad con el objetivo de optimizar la ruta de recojo de residuo sólido de esta ruta.

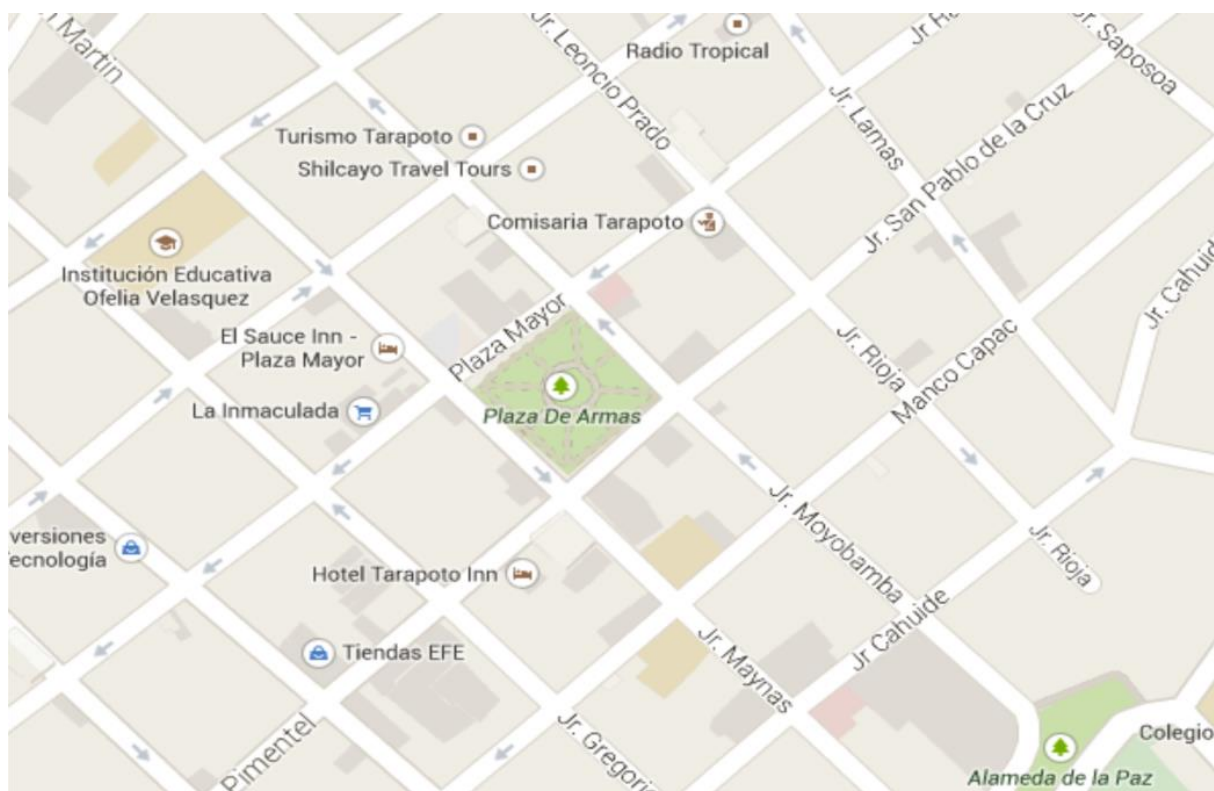


Figura 08: Utilizando Google Maps

Fuente: Elaboración propia

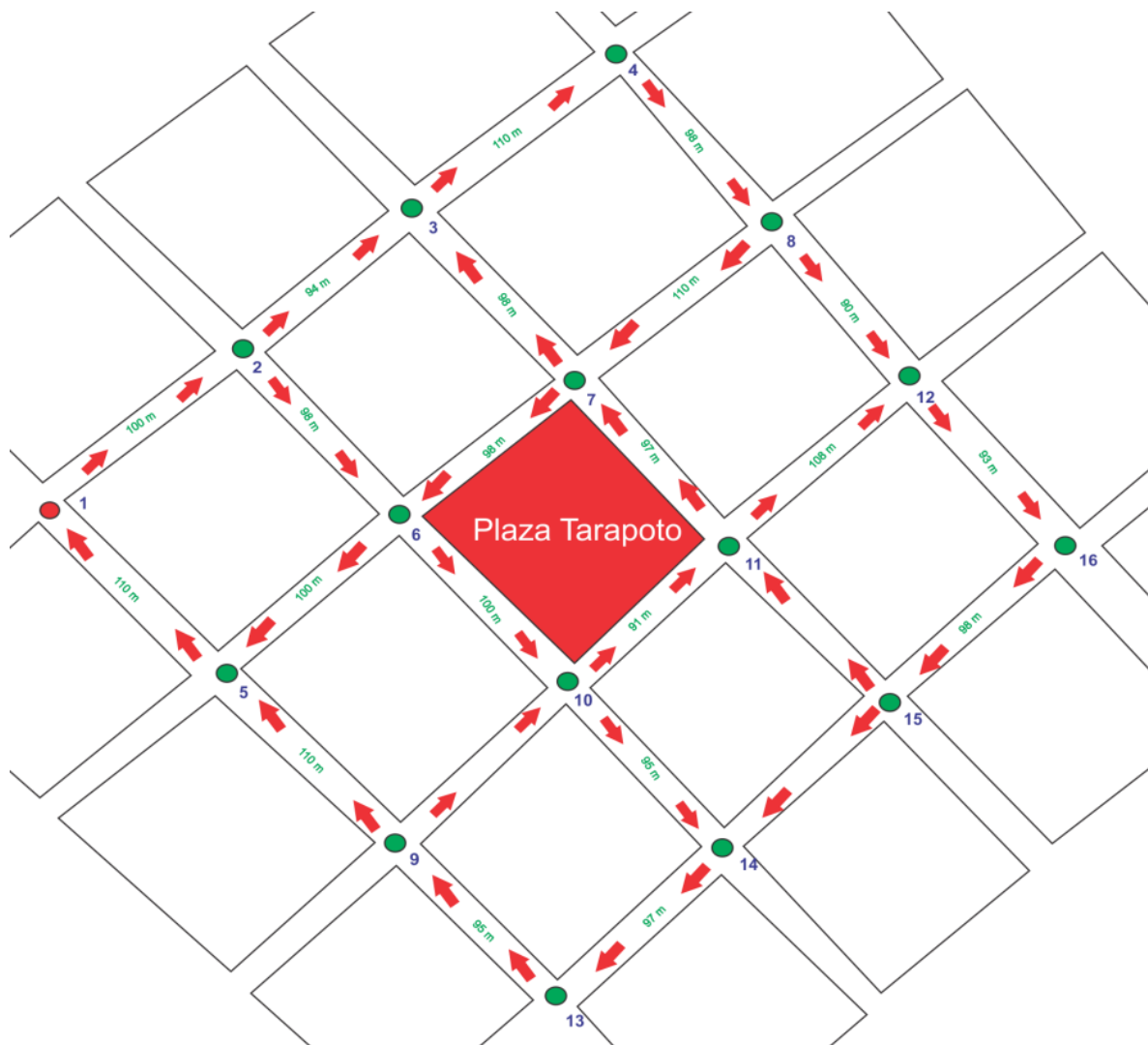


Figura 09: Diseño Corel Draw

Fuente: Elaboración propia

UTILIZANDO LINGO

Suma de todos los arcos.

$$\begin{aligned}
 &100*X001002 + 94*X002003 + 98*X002006 + 100*X003004 + 98*X004008 + \\
 &110*X005001 + 100*X006005 + 100*X006010 + 98*X007003 + 98*X007006 + \\
 &110*X008007 + 90*X008012 + 110*X009005 + 97*X009010 + 97*X010011 + \\
 &95*X010014 + 97*X011007 + 100*X011012 + 98*X012016 + 95*X013009 + \\
 &97*X014013 + 98*X015014 + 95*X015011 + 98*X016015
 \end{aligned}$$

Sujetas a las restricciones

$$X001002 + X002003 + X002006 \geq 2 \quad X010011 + X011007 + X011012 \geq 2$$

$$X002006 + X006005 + X006010 \geq 2 \quad X010014 + X014013 \geq 1$$

$$X003004 + X004008 \geq 1 \quad X011007 + X007003 + X007006 \geq 2$$

$$X004008 + X008012 + X008007 \geq 2 \quad X011012 + X012016 \geq 1$$

$$X006005 + X006010 + X005001 \geq 2 \quad X012016 + X016015 \geq 1$$

$$X006010 + X010011 + X010014 \geq 2 \quad X013009 + X009005 + X009010 \geq 2$$

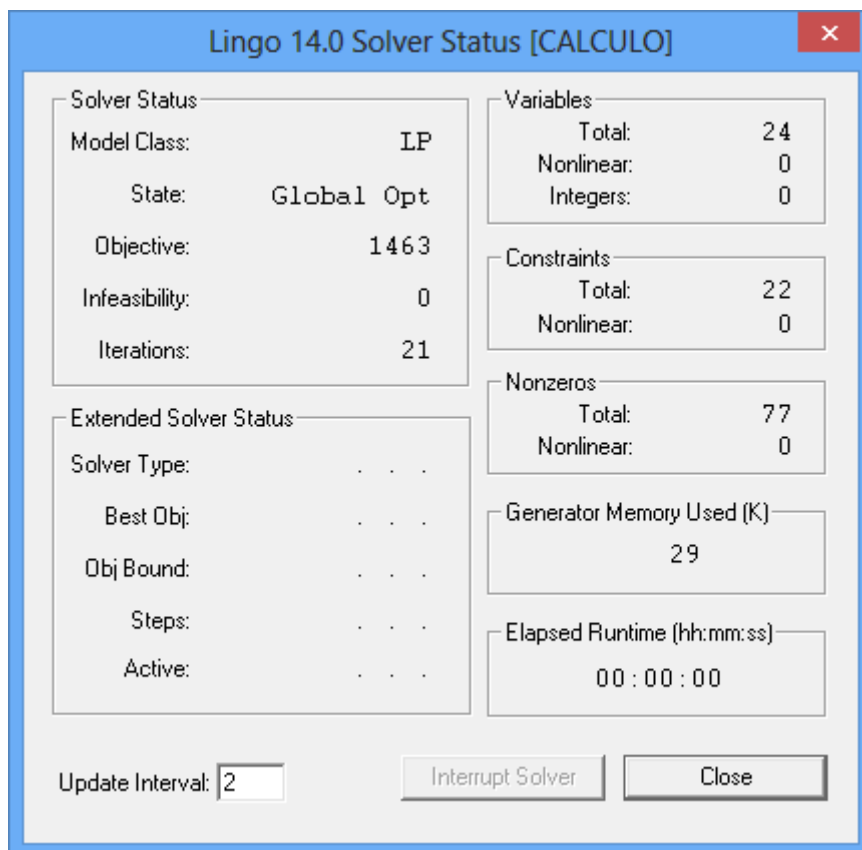
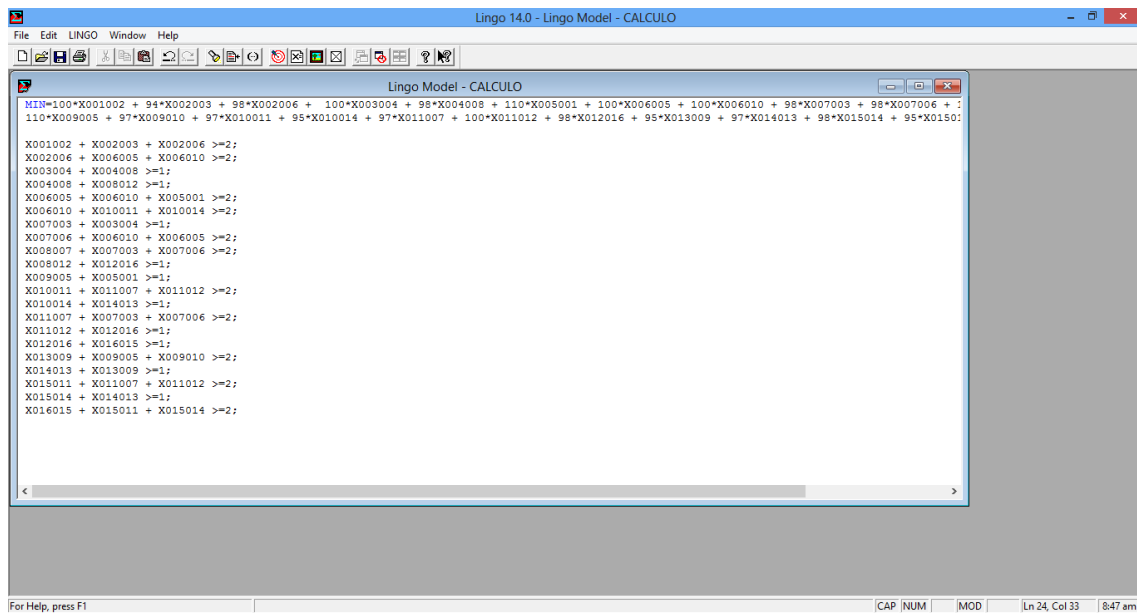
$$X007003 + X003004 \geq 1 \quad X014013 + X013009 \geq 1$$

$$X007006 + X006010 + X006005 \geq 2 \quad X015011 + X011007 + X011012 \geq 2$$

$$X008007 + X007003 + X007006 \geq 2 \quad X015014 + X014013 \geq 1$$

$$X008012 + X012016 \geq 1 \quad X016015 + X015011 + X015014 \geq 2$$

$$X009005 + X005001 \geq 1$$



Global optimal solution found.

Objective value: 1463.000

Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 21

Elapsed runtime seconds: 0.05

Model Class: LP

Total variables: 24

Nonlinear variables: 0

Integer variables: 0

Total constraints: 22

Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 77

Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X001002	0.000000	6.000000
X002003	1.000000	0.000000
X002006	1.000000	0.000000
X003004	0.000000	2.000000
X004008	1.000000	0.000000
X005001	1.000000	0.000000
X006005	0.000000	1.000000
X006010	1.000000	0.000000
X007003	1.000000	0.000000
X007006	1.000000	0.000000
X008007	0.000000	13.000000
X008012	1.000000	0.000000
X009005	0.000000	0.000000
X009010	0.000000	2.000000
X010011	1.000000	0.000000
X010014	0.000000	0.000000
X011007	0.000000	0.000000
X011012	1.000000	0.000000
X012016	0.000000	1.000000
X013009	2.000000	0.000000
X014013	1.000000	0.000000
X015014	0.000000	0.000000
X015011	1.000000	0.000000
X016015	1.000000	0.000000

Arcos sugeridos por LINGO

X002003, x002006, x004008, x005001, x006010, x007003, x007006, x008012, x010011, x011012, x013009, x014013, x015011, x016015

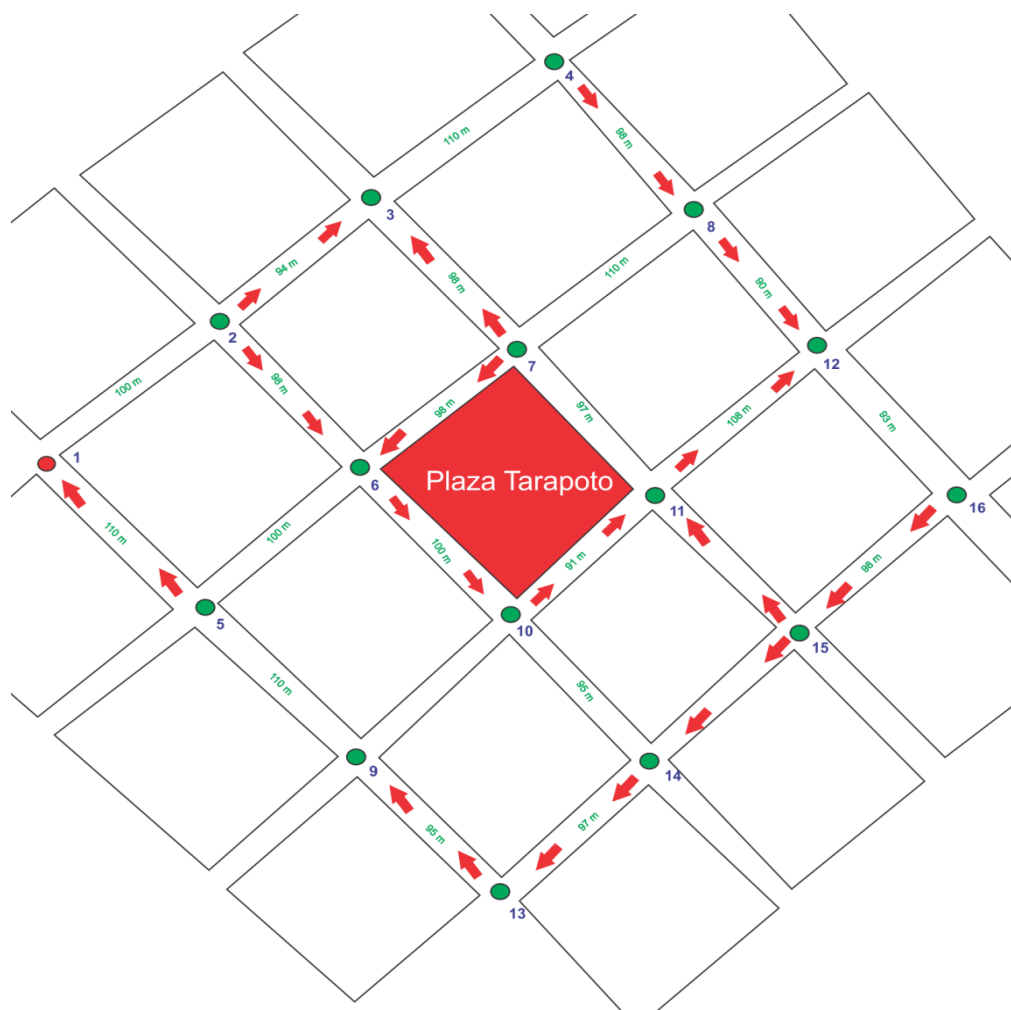


Figura 10: Ruta Generada por Lingo

Fuente: Elaboración propia

- El resultado del recorrido es de 1.463 kilómetros.
- La suma total de los arcos de ruta en estudio es de 2.288 kilómetros.
- Deduciendo así que el ahorro en distancia es 1.02 kilómetros.

Ruta aceptada por la Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y salud con el apoyo del chofer conocedor de la ruta.

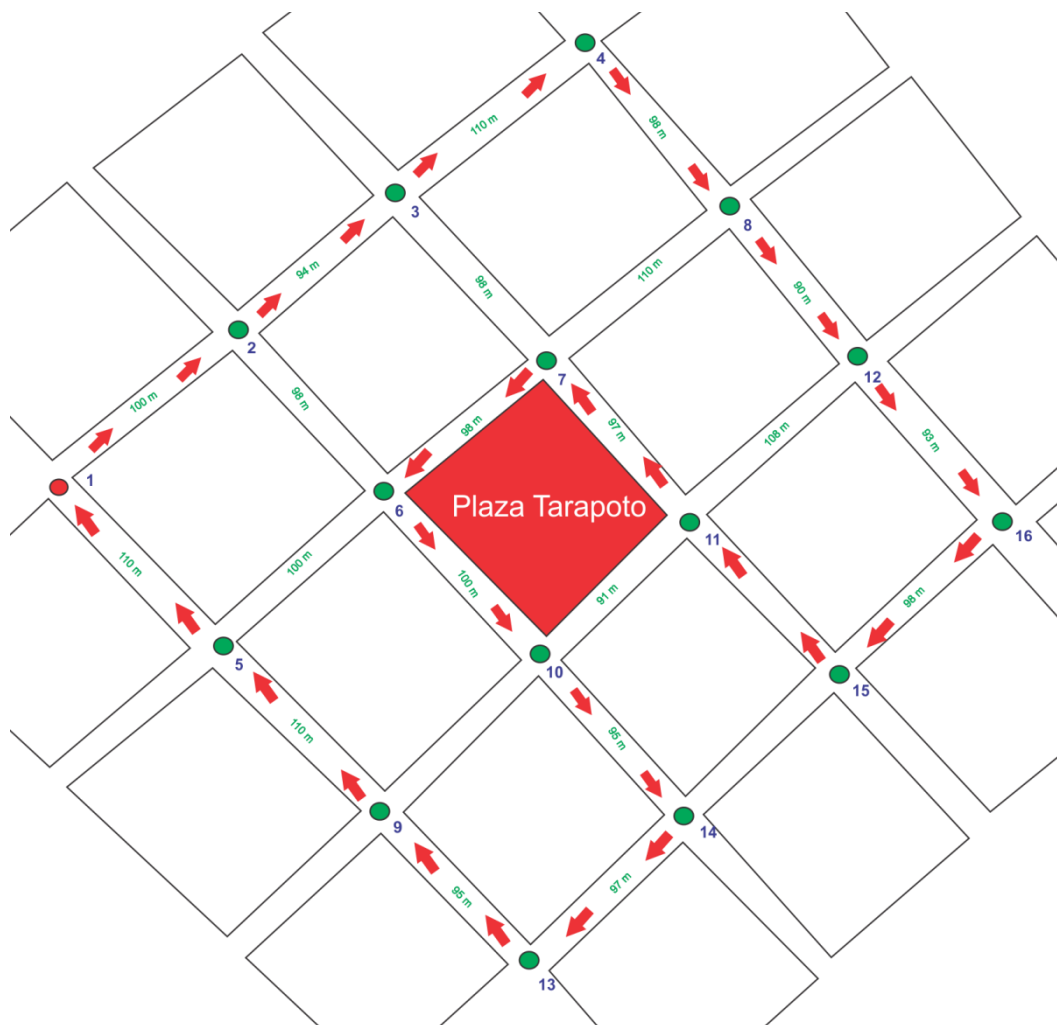


Figura 11: Ruta Optimizada

Fuente: Elaboración propia

- El resultado del recorrido es de 1.56 kilómetros.
- La suma total de los arcos de ruta en estudio es de 2.288 kilómetros.
- Deduciendo así que el ahorro en distancia es 0.923 kilómetros.

Anexo 03: Encuesta

ENCUESTA DE CAMPO

Marca con una [X] la respuesta que usted crea adecuada.
Unidad de Saneamiento Ambiental de Salubridad y Salud = **USASS**

Información Real

1. ¿La USASS recopila información del proceso de recolección de Residuos Sólidos?
 - a) Si
 - b) No
2. ¿Cuentan con formatos para la recolección de información por ruta?
 - a) Si
 - b) No
3. ¿Quién realiza el procesamiento de la información?
 - a) Personal de MPSM
 - b) Personal Externo
 - c) Otros
4. ¿La información disponible ha permitido que se tomen decisiones en forma rápida y oportuna?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No sabe
5. ¿Cómo califica el impacto que han tenido la toma de decisiones a partir de la información que dispone la USASS.
 - a) Muy Bueno
 - b) Bueno
 - c) Regular
 - d) Malo
 - e) Muy malo

Proyecciones

6. ¿Se realizan estimaciones o proyecciones en cuanto a producción de Residuos Sólidos?
 - a) Si
 - b) No
7. ¿Actualmente la estimación de pronósticos o proyecciones de generación de Residuos Sólidos son?
 - a) Difícil
 - b) Trabajosos
 - c) Fácil
8. ¿Cómo califica la información obtenida de las simulaciones?
 - a) Muy importante
 - b) Importante
 - c) Referencial
 - d) No es muy Importante

Optimización

9. ¿Está de acuerdo en utilizar software para generar rutas de recojo de Residuos Sólidos?
 - a) Si
 - b) No
10. ¿Cómo califica usted la generación de rutas de recojo Residuo Sólido a través de un software?
 - a) Muy Bueno
 - b) Bueno
 - c) Regular
 - d) Malo
 - e) Muy malo

Anexo 05: Población

Lima	Lima Metropolitana 2/	9 585 636	9 735 587	149 951	1,6
Loreto	Iquitos	427 367	432 476	5 109	1,2
Madre De Dios	Puerto Maldonado	70 146	72 330	2 184	3,1
Moquegua	Moquegua	58 792	59 682	890	1,5
	Ilo 1/	65 543	66 484	941	1,4
Pasco	Cerro De Pasco	66 886	66 584	-302	-0,5
Piura	Piura	424 124	430 319	6 195	1,5
	Sullana 1/	197 869	199 606	1 737	0,9
	Talara 1/	90 764	90 797	33	0,0
Puno	Puno	136 635	138 723	2 088	1,5
	Juliaca 1/	260 607	267 174	6 567	2,5
San Martín	Moyobamba	53 003	54 713	1 710	3,2
	Tarapoto 1/	137 923	141 053	3 130	2,3
Tacna	Tacna	284 244	288 698	4 454	1,6
Tumbes	Tumbes	108 902	110 279	1 377	1,3
Ucayali	Pucallpa	211 611	211 631	20	0,0

1/ Por la magnitud de la población se considera a las dos ciudades más grandes en los departamentos de Áncash (Huáraz y Chimbote), Ica (Ica, Chincha alta y Pisco), Piura (Piura, Sullana y Talara), Puno (Puno y Juliaca) y San Martín (Moyobamba y Tarapoto).

2/ Comprende la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Anexo 06: Como Calcular la muestra

Calcular la muestra correcta

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar en las fases previas de la investigación comercial y determina el grado de credibilidad que concederemos a los resultados obtenidos.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente:

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N-1)) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4,5%.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son:

La extensión del uso de Internet y la comodidad que proporciona, tanto para el encuestador como para el encuestado, hacen que este método sea muy atractivo.

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella. Ejemplos:

- Ejemplo 1: si los resultados de una encuesta dicen que 100 personas comprarían un producto y tenemos un error muestral del 5% comprarán entre 95 y 105 personas.

- Ejemplo 2: si hacemos una encuesta de satisfacción a los empleados con un error muestral del 3% y el 60% de los encuestados se muestran satisfechos significa que entre el 57% y el 63% ($60\% \pm 3\%$) del total de los empleados de la empresa lo estarán.
- Ejemplo 3: si los resultados de una encuesta electoral indicaran que un partido iba a obtener el 55% de los votos y el error estimado fuera del 3%, se estima que el porcentaje real de votos estará en el intervalo 52-58% ($55\% \pm 3\%$).

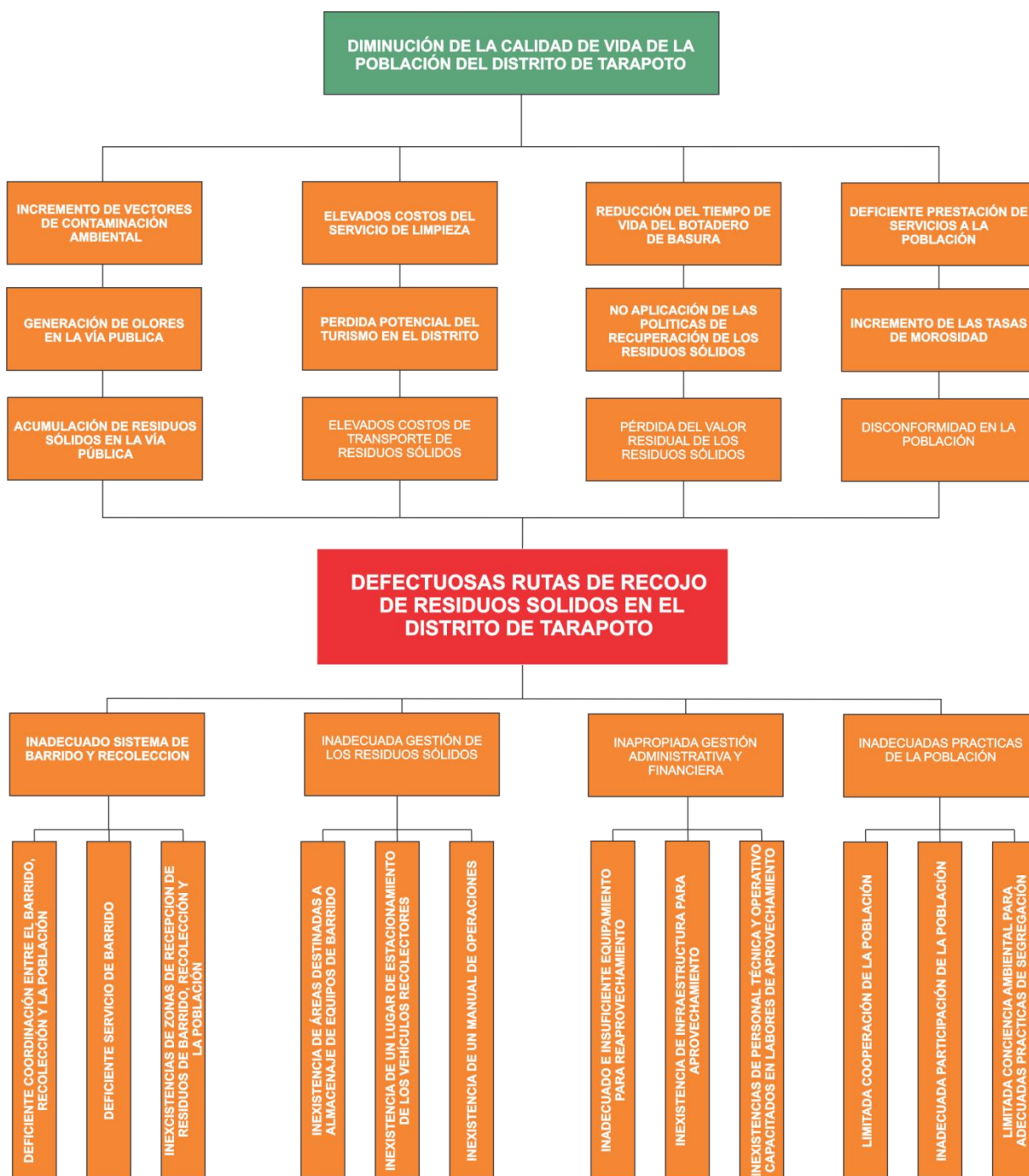
p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

A continuación le facilitamos gratuitamente una aplicación para calcular el tamaño muestral. Introduzca los datos correspondientes a su investigación y pulse en "Calcular muestra":

Anexo 07: Fotos y datos Recolectados de la Ciudad de Tarapoto



MERCADO NRO 3



HOSPITAL

Residuos Solidos



Principales Generadores
Residuos Sólidos



MERCADO NRO 2 EN EL DÍA

Jr. Lima



Jr. Tahuantinsuyo



EN LA NOCHE

Alrededores
del
Mercado



Centro
de
Tarapoto



Esquina Telefonica

Esquina clínica la Solidaridad

INFORMACION ESTADISTICA SOBRE IMPUESTO PREDIAL/ARBITRIOS MUNICIPALES

TIPO	AÑO	NUMERO DE CONTRIBUYENTES	NUMERO DE PREDIOS		TOTAL
			USO CASA HABITACIÓN	OTROS USOS	
IMPUESTO PREDIAL	2014	17,722	12,503	7,081	19,584
LIMPIEZA PUBLICA	2014	13,419	12,569	2,476	15,045
PARQUES Y JARDINES	2014	17,442	13,280	7,716	20,996
SEGURIDAD CIUDADANA	2014	17,442	13,276	7,708	20,984

FUENTE: Sistema de Gestión Municipal

ELABORADO POR: Informatica 2014.

