



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 - T
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



TESIS

**“SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO DE
LA CIUDAD DE TARAPOTO PARA PLANIFICAR ESCENARIOS
FUTUROS”**

Para optar el Título de:

INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Presentado por el Bachiller:

CARLOS ENRIQUE TORRES SÁNCHEZ

Tarapoto – Perú

2013

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


**“SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO
DE LA CIUDAD DE TARAPOTO PARA PLANIFICAR
ESCENARIOS FUTUROS”**

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

Presentado por:

Bachiller : CARLOS ENRIQUE TORRES SÁNCHEZ

Asesor : ING. ALBERTO ALVA AREVALO

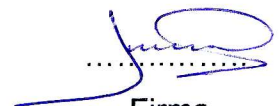

.....
Firma

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

Presidente : ING. MG. JUAN CARLOS GARCÍA CASTRO

Secretario : ING. BUENAVENTURA RÍOS RÍOS

Miembro : ING. M.SC. MIGUEL ÁNGEL RENGIFO ÁRIAS


.....
Firma


.....
Firma


.....
Firma

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por regalarme: el don la vida, padres maravillosos, una familia la cual yo amo, por darme, salud y oportunidad para seguir adelante. Por acompañarme siempre y guiar mis pasos en todo momento y por todo aquello que me rodea.

A mis queridos Padres Kahemeny y Anita, con todo mi cariño y mi amor quienes hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba.

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud, principalmente está dirigida al Dios Todopoderoso por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de nuestra carrera.

Igualmente el autor del presente estudio agradece muy profundamente a todos los organismos y personas naturales que hicieron posible la realización del mismo.

A nuestra casa de estudios por haberme dado la oportunidad de ingresar al sistema de Educación Superior y cumplir este gran sueño.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

RESUMEN

Este trabajo de investigación busca predecir escenarios en función a valores cuantitativos de la aglomeración urbana de Tarapoto. Para ello se ha observado y obtenido indicadores de la situación actual del **sistema de transporte urbano** y se ha planteado como hipótesis que *“los **escenarios futuros** a largo plazo del sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto, presentarán un mayor malestar social que el actual”*.

Para llevar a cabo nuestras predicciones en función a indicadores tales como: cantidad de **unidades móviles motorizadas**, cantidad de conductores, precio ofertado del servicio del sistema de transporte urbano, cantidad de población en la aglomeración urbana de Tarapoto, precio de la gasolina, nivel de **congestión del tráfico** en sistema de transporte urbano; nivel de satisfacción en los costos del servicio del sistema de transporte y la tasa de **incidencia de accidentes** de tránsito. Hemos establecido dos modelos importantes, el primero de crecimiento poblacional con estímulo emergente que considera el factor socioeconómico como un determinante fuerte (crecimiento económico sostenible o estancamiento económico) los dos conducen a escenarios distintos, al mismo tiempo que la incertidumbre se ha manejado con la función de Montecarlo. Por otra parte también se estableció un modelo basado en agentes desarrollado en software Netlogo que permitió presentar escenarios sobre la congestión vehicular en la zona céntrica de Tarapoto, también ésta incluye una función que maneja el caos dentro de su evolución.

Los resultados encontrados en esta investigación arrojan que si presentará un mayor **malestar social** a causa del inadecuado desarrollo del sistema de transporte urbano; pero lo restringimos a la **inseguridad** causada por los accidentes de tránsito y la insatisfacción por los precios altos de los pasajes.

SUMMARY

This research seeks to predict sceneries based on quantitative values of the urban agglomeration of Tarapoto. This has been observed and obtained indicators of the current situation of the **urban transport system** and it has been hypothesized that "**future long-term** urban transport system of the urban agglomeration of Tarapoto, sceneries presented greater social unrest that current “.

To carry out our predictions according to indicators such as number of **mobile motorized units**, number of drivers, the price of the service offered by urban transport system, amount of population in urban agglomeration in Tarapoto, fuel prices, and level of **traffic congestion** in urban transport system; satisfaction in service costs complementary system and **the incidence of traffic accidents**. We have established two important models, the first of population growth with emerging stimulus that considers socio-economic factor as a strong determinate (sustainable economic growth or economic stagnation) both lead to different scenarios, while uncertainty has been handled with the Monte Carlo function. Moreover based on software developed that allowed Netlogo present scenarios on traffic congestion in the downtown area of Tarapoto agents model, it also includes a feature that manages the chaos inside his evolution was also established.

The findings of this research show that if present greater **social unrest due** to improper development of the urban transport system, but we restrict to the **insecurity** caused by traffic accidents and dissatisfaction by high fares.

ÍNDICE

Nomenclaturas.....	5
Lista de siglas, abreviaturas y símbolos	10
Introducción.....	11

CAPÍTULO I

I. EL PROBLEMA	12
1.1. Antecedentes del problema	12
1.2. Definición del problema.....	14
1.3. Formulación del problema.....	25
1.4. Justificación e importancia	26
1.5. Alcance y limitaciones.....	27
II. MARCO TEÓRICO.....	28
2.1. Antecedentes de la investigación.....	28
2.2. Definición de términos	29
2.3. Bases teóricas	35
2.4. Hipótesis.....	66
2.5. Sistema de variables.....	66
2.6. Escala de medición.....	67
2.7. Objetivos.....	67

CAPÍTULO II

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
3.1. Población y muestra	68
3.2. Ámbito geográfico.....	69

3.3.	Diseño de la investigación	70
3.4.	Procedimiento y técnicas	70
3.5.	Instrumentos	71
3.6.	Prueba de hipótesis	72

CAPÍTULO III

IV. RESULTADOS	73
4.1. Modelamiento y simulación del crecimiento de población, Vehículos y accidentes de tránsito en escenarios futuros	73
4.2. Resultados de análisis de malestar social.....	108
4.3. Modelamiento para rutas y unidades móviles de transporte Público.....	118
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	127

CAPÍTULO IV

VI. CONCLUSIONES	132
VII. RECOMENDACIONES	134
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	135
IX. ANEXOS	138

Nomenclaturas

Lista de cuadros

N° de Tabla	Título	N° de Página
1	Parque automotor de la aglomeración urbana de Tarapoto	15
2	Cantidad de accidentes de tránsito del 2009-2011	16
3	Nivel de ruido de las mototaxis	17
4	Cantidad de infracciones de tránsito 2009-2011	18
5	Variación porcentual de los precios de combustibles a nivel nacional 2001-2011	19
6	Variación de los precios de servicios públicos a nivel nacional 2001-2011	20
7	Variación porcentual de los precios de productos perecibles a nivel nacional 2001-2011	23
8	Resumen de las características de los distintos tipos de modelos prospectivos de simulación urbana	43
9	Diseño de investigación	70
10	Proyección de la población del distrito de Tarapoto para los años 2007-2020	76
11	Proyección de la población del distrito de la Banda de Shilcayo para los años 2007-2020	77
12	Proyección de la población del distrito de Morales para los años 2007-2020	78
13	Proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para los años 2007-2020	79
14	Personas entre 25 y 35 años de edad que siempre han radicado en Tarapoto	83
15	Motivos y/o actividades por la que vino a radicar a Tarapoto	84
16	Personas que piensan emigrar de la ciudad de Tarapoto a corto plazo.	85

N° de Tabla	Título	N° de Página
17	Motivos y/o actividades por la que piensa emigrar de Tarapoto a corto plazo	86
18	Proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=-1$.	90
19	Proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=+1$	92
20	Proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=1$	95
21	Proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=-1$	96
22	Proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=-1$	97
23	Proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=1$	98
24	Medición del tráfico en la intersección Jr. M. Morey y Jr. San Martín.	101
25	Medición del tráfico en la intersección Jr. M. Morey y Jr. San Martín.	103
26	Preguntas sobre la incidencia de accidentes de tránsito y el costo del pasaje	108
27	Precios de galón de gasolina y costos de pasajes 2010-2020	109
28	Correlación entre precio de la gasolina y precio de pasajes.	110
29	Ingreso promedio Per cápita y costos de pasajes en los años 2008-2020	112
30	Correlación entre Ingreso promedio Per cápita y precio de pasajes.	113
31	Cantidad de vehículos y accidentes años 2011-2020	115
32	Correlación entre cantidad de vehículos y cantidad de accidentes	116
33	Zonas de donde afluyen las personas sin vehículo que vienen al centro de Tarapoto	119
34	Zonas de donde afluyen las personas con vehículo que vienen al centro de Tarapoto	120

Lista de figuras

N° de Figura	Título	N° de Página
1	Gráfica del Parque automotor de la aglomeración urbana de Tarapoto.	15
2	Gráfico de Cantidad de accidentes de tránsito del 2009-2011.	16
3	Gráfico de Nivel de ruido en las mototaxis.	17
4	Gráfico de Cantidad de infracciones de tránsito 2009-2011.	18
5	Gráfico de variación de los precios de combustibles a nivel nacional 2001-2011	20
6	Gráfico de variación de los precios servicios públicos a nivel nacional 2001-2011	21
7	Gráfico de variación porcentual de los precios de productos perecibles a nivel nacional 2001-2011	22
8	Gráfico de variación porcentual aparente de los precios de pasaje de mototaxi en Tarapoto 2007-2011.	23
9	El proceso de modelización.	36
10	Esquema del proceso experimental de la simulación.	38
11	Etapas de un estudio de simulación.	41
12	Diagrama de crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de Tarapoto, según modelo lineal simple	74
13	Gráfico de proyección de la población del distrito de Tarapoto para los años 2007-2020	77
14	Gráfico de proyección de la población del distrito de la Banda de Shilcayo para los años 2007-2020.	78
15	Gráfico de proyección de la población del distrito de Morales para los años 2007-2020.	79
16	Gráfico de proyección de la población de. la aglomeración urbana de Tarapoto para los años 2007-2020	80
17	Gráfico de personas entre 25 y 35 años de edad que siempre han radicado en Tarapoto.	83
18	Gráfico de motivos y/o actividades por la que vino a radicar a Tarapoto	84

N° de Figura	Título	N° de Página
19	Gráfico de personas que piensan emigrar de la ciudad de Tarapoto a corto plazo	85
20	Gráfico de los motivos y/o actividades por la que piensa emigrar de Tarapoto a corto plazo	86
21	Diagrama de crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de Tarapoto, según modelo con estímulo emergente	87
22	Gráfico de proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=-1$.	91
23	Gráfico de proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=+1$.	93
24	Gráfico comparativo de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 entre valores $+1$ y -1 de f	94
25	Gráfico de proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=1$	95
26	Gráfico de proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=-1$	96
27	Gráfico de proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=-1$	97
28	Gráfico de proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=1$	98
29	Gráfico de la intersección Jr. M. Morey y Jr. San Martín, donde se midió el tráfico de vehículos.	100
30	Gráfico de la intersección Jr. Ramón Castilla y Jr. Alonso de Alvarado, donde se midió el tráfico de vehículos	102
31	Gráfico de la simulación del tráfico de vehículos con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.	104
32	Gráfico del tiempo promedio de espera de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.	104
33	Gráfico de la velocidad media de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.	105
34	Gráfico de vehículos detenidos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012	105

N° de Figura	Título	N° de Página
35	Gráfico de la simulación del tráfico de vehículos con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020	106
36	Gráfico del tiempo promedio de espera de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.	106
37	Gráfico de la velocidad media de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.	107
38	Gráfico de vehículos detenidos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.	107
39	Gráfico de la percepción sobre la incidencia de accidentes de tránsito y el costo del pasaje	108
40	Gráfica de prueba de hipótesis con dos colas para $T_{0.05} = 1.73$	111
41	Gráfica de prueba de hipótesis con dos colas para $T_{0.05} = 1.80$	114
42	Gráfica de prueba de hipótesis con dos colas para $T_{0.05} = 1.86$	117
43	Mapa de rutas propuestas en el modelo.	126

Lista de siglas, abreviaturas y símbolos.

A.H:

Sigla de Asentamiento Humano, es el lugar donde se establece una comunidad cuyo proceso de colonización es inicialmente informal, sin ningún tipo de planeamiento urbano.

CA:

Sigla en inglés de *Cellular Automata*, que significa Autómata Celular. Es un modelo matemático para un sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos.

FONAVI:

Sigla de Fondo Nacional de Vivienda, en este trabajo de investigación se refiere a una zona geográfica específica creada por el gobierno.

IDH:

Sigla de Índice de Desarrollo Humano, es un indicador del desarrollo humano por país o región, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

MBA:

Sigla en español de Modelo Basado en Agentes, es una técnica computacional.

M.S.N.M :

Sigla para referirse a la altitud de un lugar de Metros Sobre el Nivel del Mar.

MTC:

Sigla de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

STU:

Sigla de Sistema de Transporte Urbano.

INTRODUCCIÓN

En el capítulo I, se describe los antecedentes del problema y el problema central que ocurre fundamentalmente por un inadecuado desarrollo del sistema de transporte urbano, destacando la congestión vehicular, el alto índice de accidentes de tránsito. Todo esto requiere saber cuál será el escenario futuro desde un marco de prospectiva.

La interrogante de investigación que se formula en este trabajo es: ¿Presentarán un mayor malestar social los escenarios futuros del sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto? Las respuestas a esta interrogante nos permitirán explicar y proyectar el comportamiento de esa evolución del sistema de transporte urbano para los siguientes siete años.

En el capítulo II, plasmamos los conceptos de simulación y de escenarios de simulación urbana, partiendo de la suposición de que los escenarios de simulación de crecimiento urbano son, en principio, prospectivos, en este caso enfocándonos en situaciones futuras probables y posibles.

En el capítulo III, describimos los materiales y métodos. Para nuestra investigación se ha hecho un diseño pre-experimental con una muestra de 96 habitantes de la aglomeración urbana de Tarapoto y 90 conductores de vehículos motorizados. Aunque la técnica principal es la simulación realizada en software Stella y Netlogo.

Los resultados que se presentan en el capítulo IV, demuestran que habiendo la posibilidad de dos escenarios futuros, habrá cambios significativos en nivel de malestar social, y que los cambios del desarrollo de sistema de transporte urbano serán muy sensibles a los factores socioeconómicos (o más bien de coyuntura económica).

CAPÍTULO I

I. EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes del problema

Desde el año 2000 el desarrollo inadecuado del sistema de transporte urbano (STU) se presentaba como un fenómeno incipiente, producto de las necesidades de movilidad de la población que estaba afectada por el crecimiento demográfico acelerado, como consecuencia de los flujos migratorios¹. En el año 2000 los principales tipos de movilidades en el sistema de transporte urbano eran los mototaxis, automóviles TICO y autobuses de servicio público; los dos últimos, cubrían una ruta principal que se extendía desde el extremo oeste del distrito de Morales hasta el extremo este del distrito de la Banda de Shilcayo pasando por el distrito de Tarapoto y la otra ruta que tenía el mismo punto de partida de la ruta principal en el distrito de Morales y llegaba hasta la parte céntrica del distrito de Tarapoto, de allí cubría una vía principal hacía el extremo norte de la ciudad. En total, las dos rutas principales sumaban una longitud de aproximadamente 10 km. Para los demás espacios urbanos de los distritos mencionados la única forma de moverse era mediante los mototaxis.

En ese año ya se percibía como un malestar social el tránsito congestionado y aparcamiento de mototaxis en la plaza de armas de Tarapoto y sus calles circundantes; también, se presentaba otro problema que era la ocupación de las veredas por vendedores informales en las calles cercanas al centro de Tarapoto haciendo el tránsito peatonal y motorizado más congestionado.

¹ Municipalidad Provincial de San Martín. *Plan de desarrollo urbano de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo*. Diagnóstico y análisis urbano, Cap. III, Tarapoto, 2011. 76 p.

En ese mismo año, un estudio del ministerio de transporte indicaba que solo el 10% de las vías contaban con señalización adecuada².

En el año 2004 desaparece los buses colectivos del sistema de transporte urbano y el número de unidades de mototaxis empiezan a aumentar considerablemente, aunque no hay una estimación precisa sobre el número de unidades de mototaxis existentes para este año³. Los problemas del sistema de transporte urbano empiezan a agudizarse por su evidente desarrollo desordenado, esto es debido a la demanda de movilidad producto del continuo y pujante crecimiento demográfico. La densidad neta, por su parte, registra un fuerte incremento en el periodo de 1998 al 2004, el distrito de Tarapoto sube de 96 a 124.96 hab. / ha.; y el distrito de la Banda de Shilcayo tiene un incremento notable, de 54 a 108.49 hab. / ha. Mientras que el distrito de Morales desciende de 79 a 54 hab. / ha.²

En el año 2007, la población de Tarapoto era de 66, 408 habitantes, Morales contaba 22,490 habitantes y la Banda de Shilcayo con 27, 206 habitantes, sumaban en total 116, 104 habitantes. De las vías que unen a los tres distritos solamente el 40% se encontraban asfaltadas y se establecían como las únicas redes de uso para el transporte interdistrital⁴. En este mismo año el 70% de la población que vive en los tres distritos mencionados, se movilizan en vehículos menores (mototaxis, motocicletas y taxis), según indica un informe de la municipalidad provincial de Tarapoto⁵.

² Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Informe de los servicios de transporte*. Tarapoto. 2000. 40 p.

³ Solano Segura, Norberto. *Ex propietario de buses colectivos*. Morales, 2012. Entrevista personal.

⁴ Municipalidad Provincial de San Martín. *Plan de desarrollo urbano de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo*. Diagnóstico y análisis urbano, Cap. III, Tarapoto, 2011. 91 p.

⁵ Municipalidad Provincial de San Martín. *Informe sobre la problemática del transporte urbano*. Tarapoto. 2007, 35 p.

1.2. Definición del problema

El sistema de transporte urbano (STU) presenta un desarrollo inadecuado, durante los últimos 12 años ha habido cambios graduales en cuanto al tamaño de la población, aspectos socio-económicos y las unidades móviles; si bien es cierto se ha mejorado las vías de tránsito en la aglomeración urbana de Tarapoto; sin embargo, la congestión vehicular, el número de accidentes de tránsito y la delincuencia vinculada al STU se han incrementado. Esto hace que a largo plazo (5 o 10 años) sea dificultoso planificar escenarios futuros, respecto al mismo, sino se toma en cuenta la proyección de los escenarios presentes en un marco de prospectiva.

La explicación de los componentes del inadecuado desarrollo del sistema de transporte urbano, su situación y sus causas (escenarios presentes y pasados) son las siguientes:

- a) Alta congestión vehicular en las principales calles céntricas del distrito de Tarapoto.
- b) Alto índice de accidentes de tránsito.
- c) Alto nivel de ruidos.
- d) Bajo nivel de educación y concientización vial.
- e) Incremento del costo de vida.

a) Alta congestión vehicular en las principales calles céntricas del distrito de Tarapoto.

La alta congestión vehicular en las principales calles céntricas de Tarapoto ocurre con mayor intensidad en horarios de 7:30 a.m. - 9:00a.m.; 11:30 a.m.-1:30 p.m. y 6:30 p.m.-8:00 p.m. Y esto es debido que en estos horarios hay mayor demanda de movilidad; sin embargo, la congestión vehicular es persistente durante todo el día porque se ha

incrementado excesivamente el parque automotor de mototaxis durante los últimos años. La otra razón es porque la mayoría de las calles céntricas de Tarapoto son estrechas, ya que al momento de su urbanización no se planificó adecuadamente⁶. La anchura de estas calles no sobrepasa los 6 metros de longitud.

Tabla N° 01: Parque automotor de la aglomeración urbana de Tarapoto

Vehículos motorizados	Año		
	2009	2010	2011
Mototaxis	10,000	12,000	15,000
Motocicletas	5,000	6,000	9,000
Otros (Vehículos mayores)	2,500	3,000	4,000
Total	17,500	21,000	28,000

Fuente: Equipo técnico PDU Sub-Gerencia de Transito MPSM.

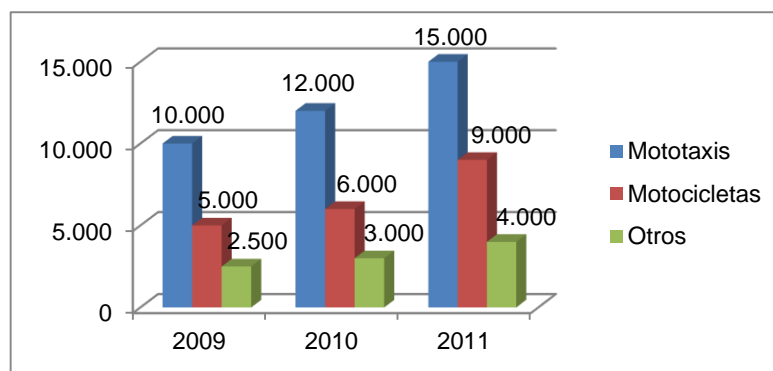


Figura N° 01: Gráfica del Parque automotor de la aglomeración urbana de Tarapoto.

Fuente: *Elaboración Propia.*

En la figura N° 01 podemos observar que del año 2009 al año 2011 el número de unidades de mototaxis se incrementó en 50%.

⁶ Municipalidad Provincial de San Martín. *Plan de desarrollo urbano de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo*. Evaluación estratégica Cap. VII, Tarapoto, 2011. 91 p.

b) Alto índice de accidentes de tránsito.

El alto índice de accidentes de tránsito se debe principalmente al exceso de velocidad, imprudencia de los conductores y la conducción de vehículos en estado de ebriedad⁷, también guarda una relación sistemática con la alta congestión vehicular mencionada anteriormente. Los accidentes de tránsito ocurren comúnmente porque se mantiene un bajo nivel de educación y concientización vial, aún se observa una actitud de poca importancia a las normas de tránsito, como veremos más adelante. Y es la causa original de este problema, desde la perspectiva social y cultural.

Tabla N° 02: Cantidad de accidentes de tránsito del 2009-2011.

Año	N° de Accidentes
2009	426
2010	352
2011	604

Fuente: Área de investigación de la policía nacional - Tarapoto.

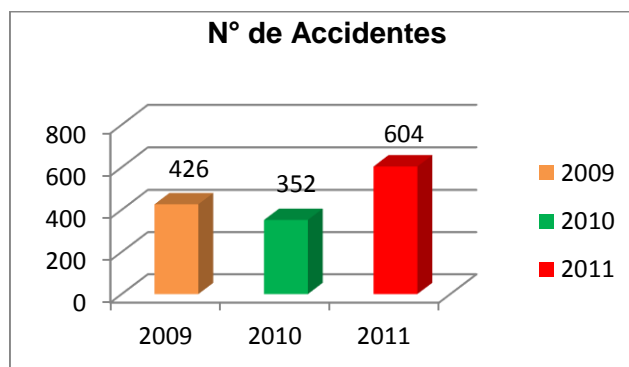


Figura N°02: Gráfico de Cantidad de accidentes de tránsito del 2009-2011.

Fuente: Elaboración propia.

⁷ IV DITERPOL-Tarapoto. *Reporte Policial de accidentes registrados*. PNP Tarapoto, 2011. 4 p.

La información sobre la cantidad de accidentes incluye los distritos de Morales y La Banda de Shilcayo. En la figura N° 02 podemos observar que el año 2011 hubo un incremento excesivo de accidentes de tránsito.

c) Alto nivel de ruidos.

Los altos niveles de ruidos en el transporte urbano son debidos a la incrementada concentración de tráfico de vehículos, uso desmedido e innecesario de los dispositivos acústicos de advertencia, deterioro mecánico de los vehículos. Según una muestra de la evaluación en la última campaña de sensibilización realizada por la sub gerencia de tránsito de la municipalidad provincial de San Martín, el 30% de las mototaxis pasan los 90 decibeles de sonido permitido⁸.

Tabla N° 03: Nivel de ruido en las mototaxis.

Nivel de ruido	Porcentaje de mototaxis
Mayor o igual a 90dB	30%
Menor a 90dB	70%
Total	100%

Fuente: Subgerencia de tránsito. MPSM 2011.

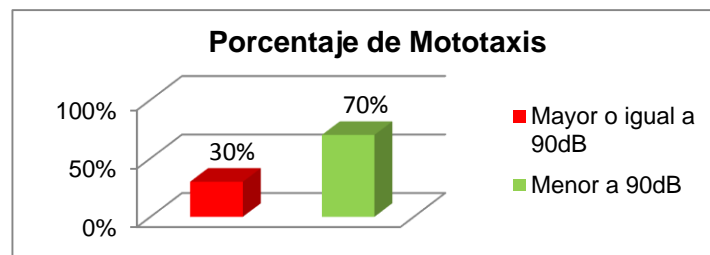


Figura N° 03: Gráfico de Nivel de ruido en las mototaxis.

Fuente: *Elaboración propia.*

⁸ Sub gerencia de tránsito de la MPSM. *Reporte de la primera campaña contra ruidos molestos.* Junio del 2011, Tarapoto. 2011.

d) Bajo nivel de educación y concientización vial.

El bajo nivel de educación y concientización vial se debe a que no existe una iniciativa de parte de las instituciones gubernamentales que son responsables de regular el sistema de transporte para realizar algún tipo de formación exigible para quienes conducen mototaxis; sin embargo, en nuestro medio la informalidad y el poco respeto por las normas públicas es un arraigo cultural. Eso refleja la imprudencia de los conductores como segunda causa de accidentes de tránsito y el alto índice de infracciones de tránsito cometidas⁹.

Tabla N° 04: Cantidad de infracciones de tránsito 2009-2011.

Año	2009	2010	2011
Cantidad	5,499	12,953	11,754

Fuente: IV DITERPOL-Tarapoto.

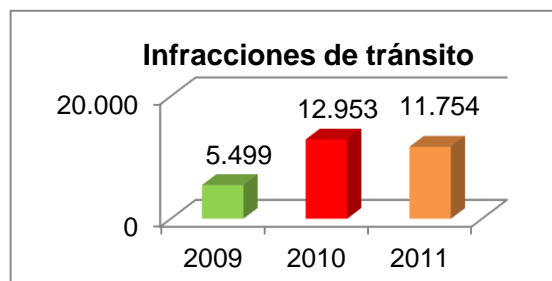


Figura N° 04: Gráfico de Cantidad de infracciones de tránsito 2009-2011.

Fuente: *Elaboración propia.*

En el gráfico N° 04 podemos observar que el año 2010 hubo la mayor cantidad de infracciones de tránsito, en año 2011 las infracciones decrecieron en más de mil, aun así, representa un nivel muy alto de infracciones.

⁹ IV DITERPOL-Tarapoto. *Reporte Policial de accidentes registrados*. PNP Tarapoto, 2011. 4 p.

e) Incremento de costo de vida

El costo de vida es un componente de variables muy complejas que afecta de diversas maneras al desarrollo del STU. Las principales variables económicas que afectan al STU son precio de los combustibles, el precio de los servicios públicos y el precio de los productos alimenticios.

En los últimos 10 años el precio de los combustibles se ha incrementado en promedio 3.9% cada año a nivel nacional y precio de los servicios públicos 0.4%¹⁰

Tabla N° 05: Variación porcentual de los precios de combustibles a nivel nacional 2001-2011.

Variación de los precios de combustibles a nivel nacional												
Años	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Prom.
Combustibles	-13.1	15.6	8.9	17.8	6.9	-1.5	6.4	0	-12.7	12.2	7.5	3.9
Gasolina	-11.4	15.7	9.7	17.7	9.2	-6.2	10.7	-6.1	-15.8	14.3	14.3	4.2
Gas	-12.3	11.3	4.2	15.3	10.9	0.3	1.3	2.7	-4.6	8.8	1	1.2

Fuente: Banco Central de reserva. 2012.

¹⁰ Banco Central de reserva del Perú. *Memoria de precios e inflación nacional 2001-2011*. [en línea] 2012 [Consulta: 11-05-2012]. Disponible en < <http://www.bcrp.gob.pe/publicaciones.html> >

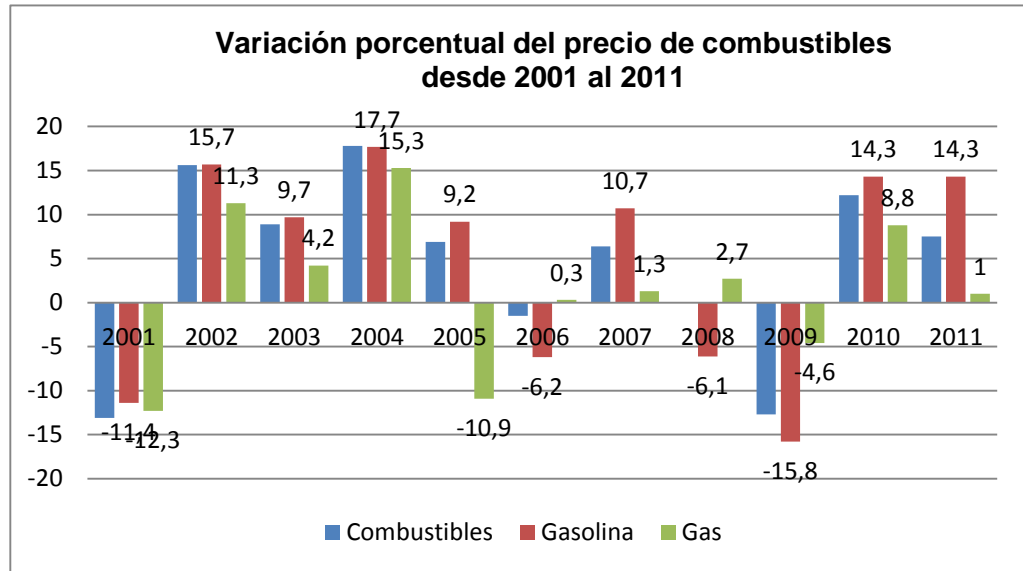


Figura N° 05: Gráfico de variación de los precios de combustibles a nivel nacional 2001-2011.

Fuente: Banco Central de reserva. 2012.

Tabla N° 06: Variación de los precios de servicios públicos a nivel nacional 2001-2011.

Variación porcentual de los precios de los servicios públicos												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Prom.
Serv. Públicos	-2.7	2	-2	6.2	-1.7	-3.2	0.2	7.5	-2.3	0	1.5	0.4
Electricidad	-6.3	7.9	-4.6	12	-2.5	-7.3	1.9	6.3	-4.6	1.4	4.3	0.6
Teléfono	1.1	-8.3	0.3	-2	-7	-6.2	-7.2	-4.2	-1.4	-3.8	-3.3	-3.9
Agua	0	2.3	0.9	3	5.2	8.5	3.2	18.9	0	4.5	5.8	4.6

Fuente: Banco Central de reserva. 2012.

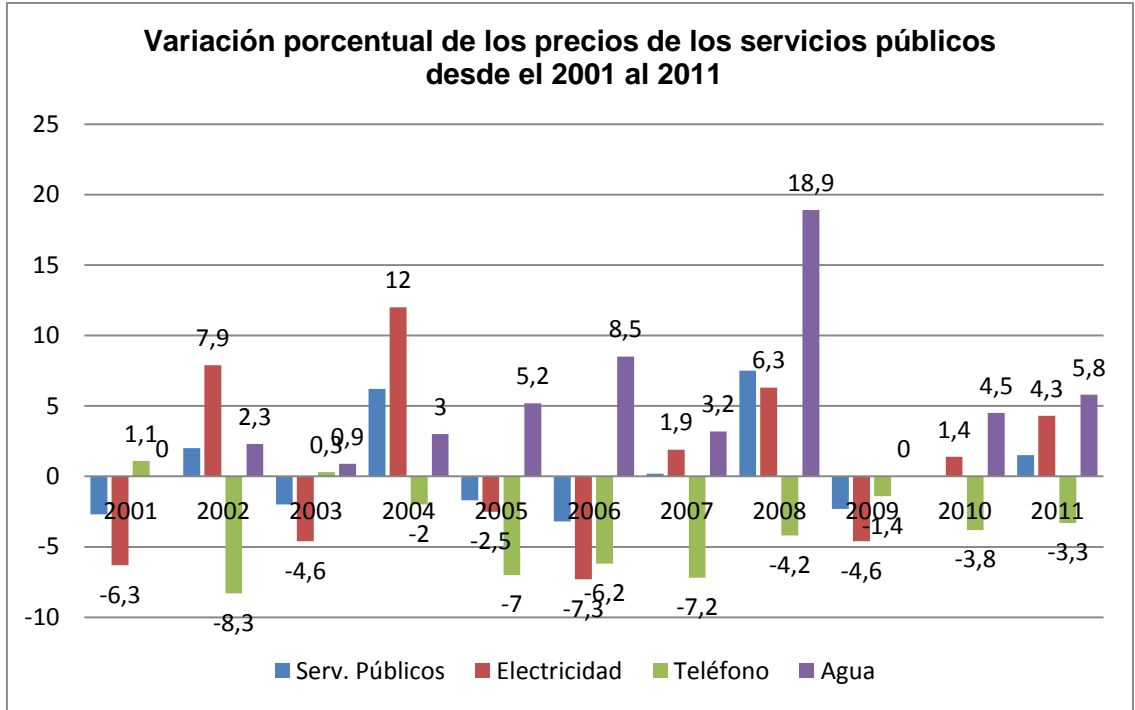


Figura N° 06: Gráfico de variación de los precios servicios públicos a nivel nacional 2001-2011.

Fuente: Banco Central de reserva. 2012.

Tabla N° 07: Variación porcentual de los precios de productos perecibles a nivel nacional 2001-2011.

Variación porcentual de los precio de productos perecibles										
Años	2007		2008		2009		2010		2011	
Semestres	Ene-Jul	Ago-Dic	Ene-Jul	Ago-Dic	Ene-Jul	Ago-Dic	Ene-Jul	Ago-Dic	Ene-Jul	Ago-Dic
Variación	5.5	-1.9	14.5	-4.2	8	-3	7.9	-2.3	4.8	9.2

Fuente: Banco Central de reserva. 2012.

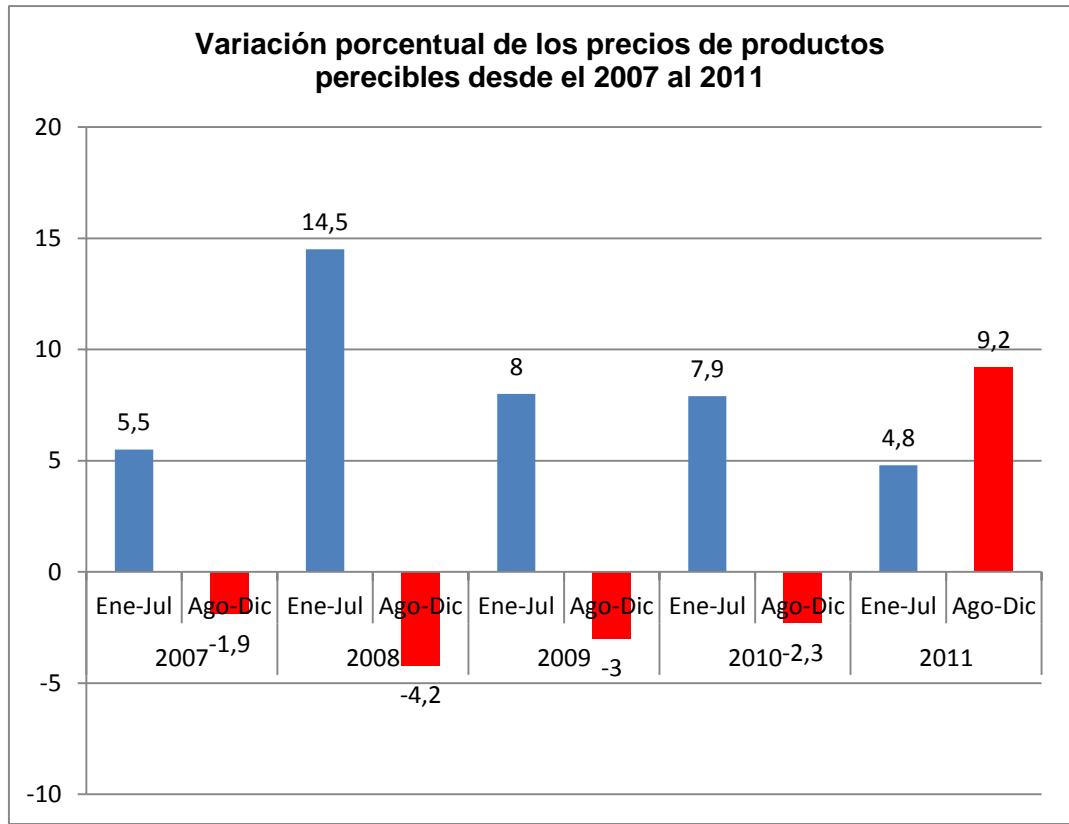


Figura N° 07: Gráfico de variación porcentual de los precios de productos perecibles a nivel nacional 2001-2011.

Fuente: Banco Central de reserva. 2012.

Incremento del costo de los pasajes de mototaxi en Tarapoto.

Al haber desaparecido los buses colectivos del sistema de transporte urbano, las mototaxis representan el medio más usado; pero, a pesar del gran número de unidades de mototaxis los pasajes son elevados respecto a la distancias recorridas. En los últimos años ha tenido un incremento muy significativo, como veremos a continuación.

Tabla N° 07: Variación porcentual aparente de los precios de pasaje de mototaxi en Tarapoto 2007-2011.

Variación porcentual aparente del precio de pasaje en Tarapoto					
Año	[2007]	[2008]	[2009]	[2010]	[2011]
Variación	10	20	16.7	14.3	0

Fuente: Elaboración propia. 2012.

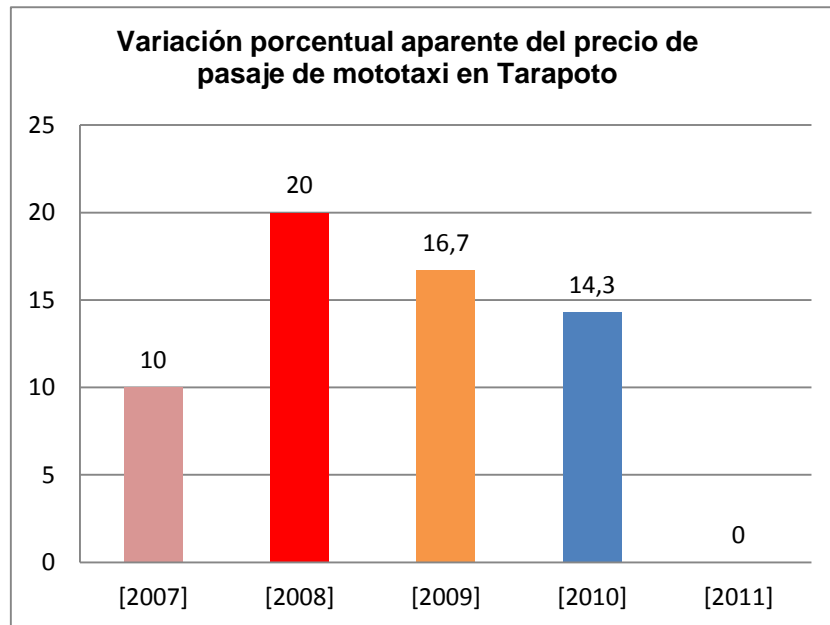


Figura N° 08: Gráfico de variación porcentual aparente de los precios de pasaje de mototaxi en Tarapoto 2007-2011.

Fuente: Elaboración propia. 2012.

Los pasajes en mototaxi, como podemos observar en la figura N° 08 se ha incrementado más en el año 2008, y en los años 2010 y 2011 aparentemente no habido variación.

Hemos podido observar que el inadecuado desarrollo del STU en los distritos de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo se complica paulatinamente, y tomando mayor relevancia como problema social. En cuanto a los valores de las variables que lo causan, podemos notar que han ido incrementándose respecto a valores de años atrás, de la misma manera, con el transcurrir del tiempo se percibirá un malestar social tendiente a incrementarse.

A partir de los componentes causales observados anteriormente podemos deducir que los escenarios futuros presentarán los efectos de los problemas presentes como un malestar social agudo; en tanto, las instituciones involucradas de la regulación del STU no planifiquen a largo plazo de manera óptima; pero, para planificar eficientemente se necesita de alguna forma, predecir el comportamiento futuro del STU en la aglomeración urbana de Tarapoto.

La alta dinamicidad entre variables causales que componen en su mayoría el STU, sugieren la posibilidad de una técnica de alta ingeniería, como es la simulación, para que a partir de condiciones iniciales podamos en adelante aproximarnos a una realidad futura, a largo plazo, particularmente, demostrando aquél comportamiento podemos establecer condiciones que deben tomarse cuenta en la planificación del STU por parte de las instituciones gubernamentales.

La dificultad para delimitar y analizar el problema del STU, nos llevará a plantear un modelo que sea capaz en lo posible de contener la mayor cantidad de variables entretejidas. Desde esta perspectiva, en

las tablas y gráficos anteriores no tenemos valores medidos previamente acerca de la delincuencia y el índice de desarrollo humano (IDH) en Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, sin embargo, una mayor delimitación de variables también nos da un resultado con menor incertidumbre dentro de esa especificación.

El problema del STU por su amplitud, y a la vez por su susceptibilidad para encontrar valores medibles, es simulable. Y aproximándose a sus escenarios futuros, se encontraría respuesta de diferentes propósitos relacionados a él.

1.3. Formulación del problema

Se ha observado que el sistema de transporte urbano ha sufrido cambios muy marcados en estos últimos años que conllevan a muchos problemas, cuyas causas están entrelazadas de una manera causal.

La observación de los problemas del sistema de transporte urbano nos conduce a plantear un análisis de dificultad compleja, por eso es necesario plantear una interrogante de investigación que pueda pronosticar dos o más escenarios futuros.

Interrogante:

¿Presentarán un mayor malestar social los escenarios futuros del sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto?

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación Teórica

Este trabajo de investigación sobre el sistema de transporte urbano nos permitirá identificar y analizar claramente la magnitud de las variables consecutivas que influyen en el STU; así mismo, se logrará explicar con datos estadísticos la evolución del STU durante los últimos años y proyectar el comportamiento de ese desarrollo para los siguientes siete años.

1.4.2. Justificación Práctica

Con la simulación del sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto, se logrará pronosticar los escenarios futuros posibles de población, cantidad de vehículos, nivel de congestión, número de accidentes, etc. Y todo bajo el enfoque de dinámica de sistemas, presentar indicadores de una realidad aproximada, que ayude a planificar y tomar decisiones adecuadas para un largo plazo.

1.4.3. Importancia

El desarrollo de esta investigación permite demostrar que los problemas complejos y la experimentación fundamental tienen una alternativa metodológica en la simulación informática, y estas técnicas de alta ingeniería facilitan comprender la sensibilidad de los cambios en el STU de la aglomeración urbana de Tarapoto.

Este trabajo beneficiará a quienes tomen decisiones sobre las políticas del transporte urbano, al igual, que aquellas personas interesadas en conocer e investigar los fenómenos subyacentes en el sistema de transporte urbano.

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcance

La investigación abarca específicamente el ámbito de la aglomeración urbana de Tarapoto. En el proceso de investigación se considera solamente a las variables que implican una relación causal en el STU y a los efectos que estos desprenden dentro del ámbito de estudio.

Los datos de la investigación son válidos dentro de un marco de proyección estrictamente en medio donde se investigó, ya que la línea de tiempo en las simulaciones realizadas es hasta el año 2020 y tomando en cuenta las restricciones naturales y tendientes en los fenómenos del transporte urbano en ciudades medianas. Las consideraciones técnicas tienen un nivel básico o fundamental en la aplicación experimental como elemento analítico para la toma de decisiones.

1.5.2. Limitaciones

Las limitaciones corresponden básicamente al escaso estudio desde el campo de sociología al fenómeno de la aparición de mototaxis que nos hubiera permitido tomar los valores de este análisis e incluir en la simulación elementos fundamentales y complementarios desde el enfoque historicista y conductual para tener un diagnóstico con resultados que generen indicadores más realistas en un escenario futuro.

Por otra parte, las escasas fuentes para tomar indicadores sobre el STU en la aglomeración urbana de Tarapoto nos han limitado a presentar escenarios futuros en un menor horizonte de tiempo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedente internacional:

Autor: Marcos Fernández Marín.

Título: Arquitectura y desarrollo software de sistemas para la modelización del tráfico en simulación de conducción.

Lugar: Valencia, España

Año: 1999.

Metodología: Investigación aplicada y experimental de tesis doctoral para desarrollar una arquitectura orientada a objetos capaz de simular y visualizar tráfico.

Conclusiones: Se logró integrar desarrollos provenientes de distintas disciplinas: ingeniería de tráfico, robótica y psicología, consiguiendo un buen nivel de realismo en el tráfico simulado.

Antecedente nacional:

Autor: Héctor Edgardo Bonilla.

Título: Análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Huancayo.

Lugar: Huancayo

Año: 2006.

Metodología: Estudio descriptivo de tesis sobre la evolución del transporte público de la ciudad de Huancayo.

Conclusiones: Se analizó la capacidad de las vías y la informalidad en el transporte público de la ciudad. Se presentó resultados y sugerencias para el plan director municipal de Huancayo.

2.2. Definición de términos

2.2.1. Adaptación

La adaptación es un término usado en la biología para referirse a los cambios que se dan en la evolución durante un periodo de tiempo mediante la selección natural.

Para el campo de la ingeniería de sistemas, sociología, antropología, etc. Se refiere al comportamiento colectivo que parte de un grupo hasta transformarse en un sistema complejo cuyos efectos para ser analizados requieren del diseño de un modelo.

2.2.2. Agentes

Según Franklin y Graesser (1996), un agente autónomo es un sistema situado dentro de un medioambiente que percibe y actúa sobre el por un tiempo, en persecución de su propia agenda y afectando así lo que sensorizará en el futuro.

Sin embargo, para la mayor parte de investigadores el término agente tiene un significado más fuerte y específico, donde se considera que los agentes son sistemas computacionales que, además de las propiedades ya citadas, son desarrollados o implementados utilizando conceptos normalmente aplicados a los humanos. Por ejemplo, es muy común en IA caracterizar un agente utilizando términos mentales como conocimiento, opinión, intención y obligación.

2.2.3. Aglomeración Urbana

Es una región urbanizada que se extiende sin solución de continuidad a lo largo de varias circunscripciones administrativas; normalmente comprende una ciudad central y ciudades satélites a los que ésta ha absorbido en su crecimiento.

Los aglomerados tienden a constituirse alrededor de los grandes centros administrativos o económicos. (Comúnmente se suele decir Aglomeración Urbana)

2.2.4. Causa –Efecto

Es una ley que funciona en cualquier sistema que sea dinámico. También se refiere a una técnica que se usa como diagrama relacional para identificar y representar un problema desde un enfoque sistémico. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

2.2.5. Condiciones Iniciales

Las condiciones iniciales son los factores determinantes en la evolución de un sistema y que están sujetos a una ley. En una situación real es muy difícil medir con precisión las condiciones iniciales, esto a su vez conlleva a una gran dificultad para saber las condiciones finales.

2.2.6. Escenario futuro (EF)

Son un conjunto de realidades proyectadas bajo una previsión diseñada con un conjunto de metodologías que niegan la posibilidad de adivinar el futuro, sino más bien, se intenta una aproximación al futuro mediante el tratamiento de la incertidumbre donde la condición principal es la variación del

crecimiento o decrecimiento normal de los elementos de un sistema producto del tiempo.

2.2.6. Escenario

Es una visión que describe una situación futura así como la secuencia de eventos que permiten llegar a esa situación. Este método, permite entonces, transitar desde la situación actual hasta otra situación futura deseable y/o posible. También podemos definir una “escenario actual” o “escenario futuro” para delimitar una situación en el tiempo.

2.2.7. Homeostasis

Es un término usado en la metodología de enfoque sistémico para referirse a todos los mecanismos de autorregulación que son capaces de hacer ajustes dinámicos de equilibrio para mantener la estabilidad de un sistema cerrado o abierto.

2.2.8. Largo plazo

Periodo de tiempo que tiene una duración igual o mayor a 5 años según el convencionalismo anglosajón, es aplicado para trazar metas, estrategias, proyectos, políticas, etc. en el campo de la ingeniería o administración; pero la duración del tiempo puede variar según el contexto.

2.2.9. Malestar social

El malestar social es un estado perceptivo de un grupo humano que viene hacer la manifestación evidente de insatisfacción o inseguridad, generado por sucesos mediáticos y del entorno que afecta un orden establecido o el equilibrio de un sistema social.

2.2.10. Modelo

Es un término que tiene varias especificaciones según el campo donde se use, aunque mantiene la misma definición.

En simulación se refiere a la construcción matemática o abstracta que se toma de la observación de la realidad aplicando principios científicos y sirve como base para ejecutar un experimento informático.

2.2.11. Netlogo

Netlogo es un entorno de programación que permite la simulación de fenómenos naturales y sociales. Fue creado por Uri Wilensky en 1999 y está en continuo desarrollo por el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling¹¹.

Netlogo es particularmente útil para modelar sistemas complejos que evolucionan en el tiempo. Los implementadores de modelos pueden dar instrucciones a cientos o miles de agentes para que todos ellos operen de manera independiente, entre sí y con el entorno. Esto hace posible explorar la relación entre el comportamiento a bajo nivel de los individuos y los patrones macroscópicos que surgen a partir de la interacción de muchos individuos entre sí.

2.2.12. Planificación

Es un proceso metódico diseñado para obtener un objetivo determinado cuya generalización implica tener uno o varios

¹¹ Manual de Netlogo. INSISOC. [Página Visitada el 15 agosto 2012]. Disponible en: <<https://sites.google.com/site/manualnetlogo/home>>

objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para concluirse exitosamente.

También, se define como un proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado.

2.2.13. Prospectiva

Según Jordi Sierra (1992) la define como “La ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poderlo influir.

Aunque de hecho es, paradójicamente, una ciencia sin objeto que se mueve entre la necesidad de predecir lo que puede ocurrir y el deseo de inventar el mejor futuro posible. Porque aunque el devenir no puede predecirse con exactitud, si podemos imaginar nuestro mañana preferido”.

2.2.14. Simulación

Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de periodos de tiempo.

Para realizar una simulación se debe construir un modelo informático que describa la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés. Se incluyen muchas metodologías de experimentación y principios matemáticos.

2.2.15. Sistema de transporte urbano (STU)

Se denomina sistema de transporte urbano a la integración funcional de todos los elementos que permiten una actividad fundamental en una ciudad que es la de trasladarse de un lugar a otro, y que requiere mínimamente de una infraestructura y vehículos para componer un servicio público.

2.2.16. Software de simulación (SS)

Es un programa informático diseñado para simular procesos de un modelo que tiene las siguientes propiedades:

- Avance en el tiempo
- Recopilación estadística
- Generadores de variables aleatorias
- Reportes, etc.

Hay distintos software de simulaciones avanzadas que han incorporado lenguajes de programación potentes como Fortran o Pascal, que además incorporan una interfaz gráfica apropiada para realizar animaciones.

2.2.17. Stella

Es un software diseñado por la empresa norteamericana Isee Systems que provee de un conjunto de herramientas fáciles de usar para experimentar, crear y visualizar de forma dinámica todo tipo de sistema simple o complejo.

Stella permite realizar simulaciones de un sistema a través del tiempo y comunicar claramente las entradas y salidas del sistema mostrando sus resultados.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Teoría de simulación de sistemas

Sistemas y modelos: El término sistema se utiliza habitualmente con múltiples sentidos, tantos que resulta difícil dar una definición única que los abarque todos y al mismo tiempo sea lo suficientemente precisa para servir a propósitos específicos. Podemos partir de la definición de sistema como conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto.

Se trata de una definición sencilla pero que pone de manifiesto los caracteres relevantes de lo que constituye el denominado enfoque sistémico: contemplación del todo y no de las partes aisladamente, acento en las relaciones entre las partes y consideración teleológica al tener en cuenta los propósitos u objetivos del sistema, especialmente válida para los sistemas creados por el hombre.

El proceso de construcción de modelos:

El análisis del sistema a través de un modelo implica que la representación del sistema que constituye el modelo ha de ser una representación manipulable numéricamente.

El ejercicio de construcción del modelo del sistema comienza por la construcción de un modelo conceptual del sistema, representación equivalente lógica aproximada del sistema real que, como tal, constituye una abstracción simplificada del mismo, que a continuación se traduce en un modelo apto para su ejecución en un ordenador. El proceso de modelización o construcción del modelo implica:

- Identificación de las entidades principales del sistema y de sus atributos característicos.
- Identificación y representación de las reglas que gobiernan el sistema que se quiere simular.
- Captación de la naturaleza de las interacciones lógicas del sistema que se modeliza.
- Verificación de que las reglas incorporadas al modelo son una representación válida de las del sistema que se modeliza.
- Representación del comportamiento aleatorio.

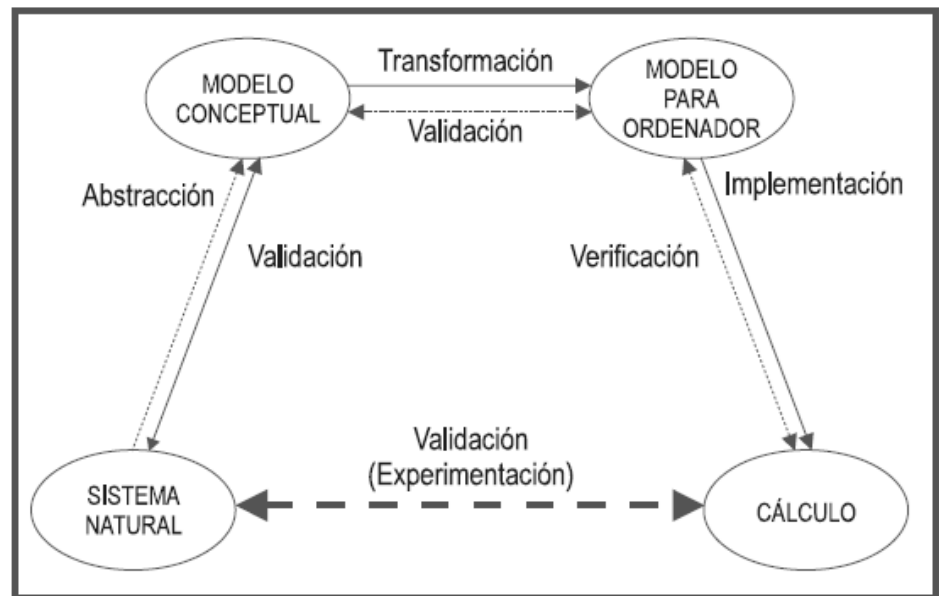


Figura 09: El proceso de modelización.

Fuente: La simulación de sistemas. ISDEFE 2008.

La Simulación como proceso experimental:

La práctica de la simulación es una técnica que no realiza ningún intento específico para aislar las relaciones entre

variables particulares, antes bien adopta un punto de vista global desde el que se intenta observar cómo cambian conjuntamente todas las variables del modelo con el tiempo. En todo caso, las relaciones entre las variables deben obtenerse a partir de tales observaciones. Esta concepción caracteriza la simulación como una técnica experimental de resolución de problemas, lo que comporta la necesidad de repetir múltiples ejecuciones de la simulación para poder entender las relaciones implicadas por el sistema, en consecuencia el uso de la simulación en un estudio debe planificarse como una serie de experimentos cuyo diseño debe seguir las normas del diseño de experimentos para que los resultados obtenidos puedan conducir a interpretaciones significativas de las relaciones de interés. La simulación con computador es por lo tanto una técnica que realiza experimentos en un computador con un modelo de un sistema dado.

El modelo es el vehículo utilizado para la experimentación en sustitución del sistema real. Los experimentos pueden llegar a tener un alto grado de sofisticación que requiera la utilización de técnicas estadísticas de diseño de experimentos. En la mayor parte de los casos los experimentos de simulación son la manera de obtener respuestas a preguntas del tipo "¿qué pasaría sí?", preguntas cuyo objetivo suele ser evaluar el impacto de una posible alternativa que sirva de soporte a un proceso de toma de decisiones sobre un sistema, proceso que puede representarse esquemáticamente mediante el diagrama de la figura siguiente:

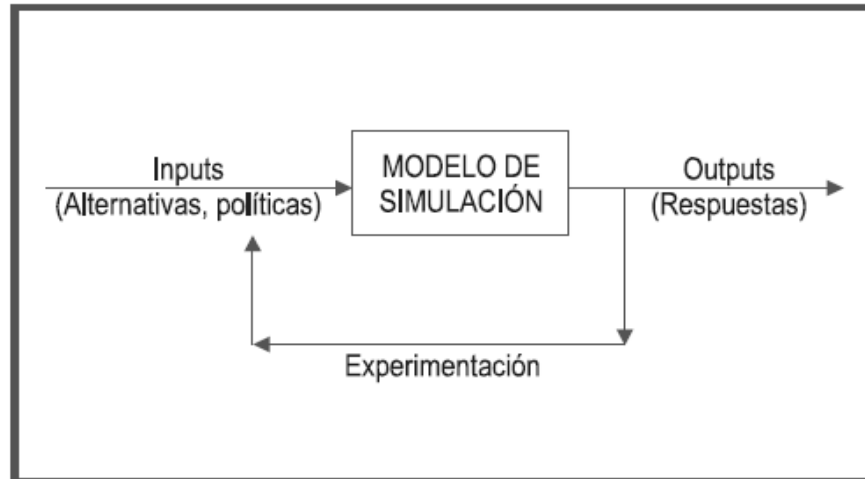


Figura 10: Esquema del proceso experimental de la simulación.

Fuente: La simulación de sistemas. ISDEFE 2008.

La simulación, y el procedimiento experimental asociado, se convierten también en una herramienta de diseño de sistemas, cuyo objetivo es la producción de un sistema que satisfaga ciertas especificaciones.

El diseñador puede seleccionar o planear como deben ser las componentes del sistema y concebir cual debe ser la combinación de componentes y relaciones entre ellas que determinan el sistema propuesto.

El diseño se traduce en un modelo cuyo comportamiento permite inducir el del sistema previsto. El diseño se acepta cuando las previsiones se ajustan adecuadamente a los comportamientos deseados, en caso contrario se introducen las modificaciones pertinentes en el modelo y se repite el proceso.

Otra posibilidad es la que se da en estudios económicos, políticos, médicos, etc. en los que se conoce el comportamiento del sistema pero no los procesos que producen tal comportamiento. En este caso se formulan hipótesis sobre las entidades y actividades que pueden explicar la conducta. El estudio de simulación por medio del modelo correspondiente permite comparar las respuestas de un modelo basado en tales hipótesis con el comportamiento conocido, de manera que una concordancia adecuada lleva a suponer que la estructura del modelo se corresponde con la del sistema real.

La aplicación de la simulación a diferentes tipos de sistemas combinada con las diferentes clases de estudio que se pueden realizar conduce a una gran cantidad de variantes de la manera en que se puede realizar un estudio de simulación. Sin embargo hay determinados pasos básicos del proceso que pueden identificarse como los constituyentes de lo que denominaremos la metodología de un estudio de simulación, y son los siguientes:

- Definición del problema y planificación del estudio.
- Recogida de datos.
- Formulación del modelo matemático.
- Construcción y verificación del programa para computador del modelo.
- Ejecuciones de prueba del modelo.
- Validación del modelo.
- Diseño de los experimentos de simulación.
- Ejecución de los experimentos.
- Análisis de los resultados.

El proceso no es, en general, secuencial, sino iterativo, en el que algunos de los pasos pueden tener que repetirse en función de los resultados intermedios tal como se mostrará la figura N° 10. Ningún estudio de simulación puede llevarse a cabo sin establecer claramente una definición precisa del problema que se pretende resolver y los objetivos del estudio.

Los diseños alternativos del sistema que se han de estudiar han de quedar claramente especificados, así como los criterios para evaluar dichos diseños. Criterios que servirán de base al proceso de toma de decisiones para elegir uno de los diseños. Para la formulación del modelo debe establecerse su estructura definiendo cuales son los aspectos del funcionamiento del sistema que son significativos para la resolución del problema que tenemos entre manos, y que datos es necesario recoger para proporcionar al modelo la información adecuada.

La construcción del modelo de simulación es en muchos casos más un arte que una ciencia, que combina aspectos matemáticos y lógicos. En general la experiencia recomienda empezar con modelos moderadamente detallados que paulatinamente se van haciendo más sofisticados. El modelo únicamente debe contener el nivel de detalle requerido por los objetivos del estudio. Dado un modelo matemático la construcción del programa para computador es el requisito imprescindible para poder manipular numéricamente el modelo para obtener las soluciones que respondan a las preguntas que el analista se formula sobre el sistema.

La validación del modelo es uno de los pasos cruciales del proceso, suele ser uno de los más difíciles, pero es un requisito

indispensable para establecer si el modelo representa o no adecuadamente el sistema u objeto del estudio.

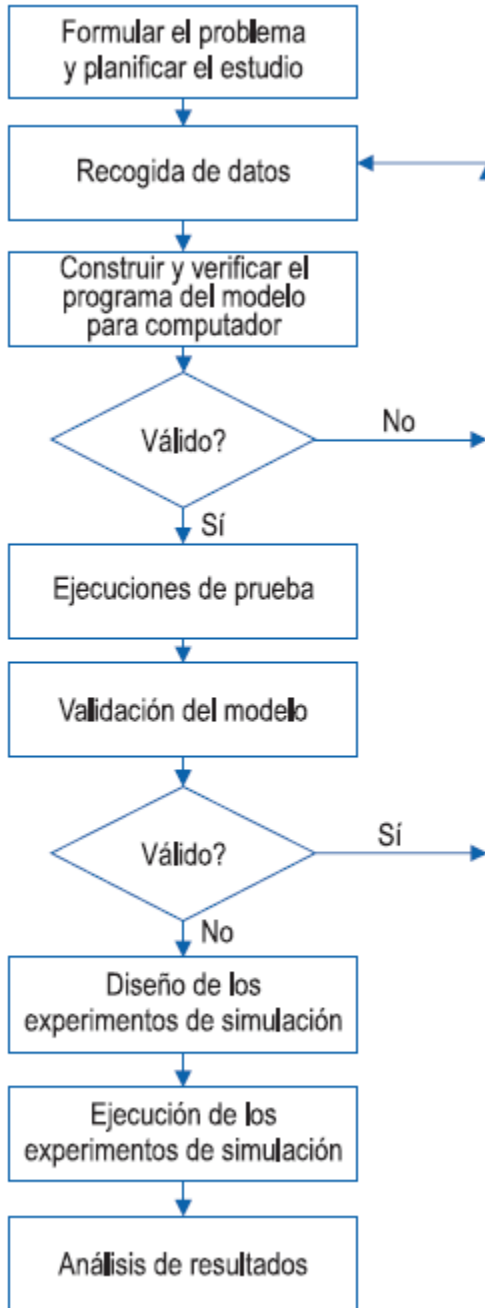


Figura 11: Etapas de un estudio de simulación.

Fuente: La simulación de sistemas. ISDEFE 2008.

2.3.2. Escenarios de simulación urbana

En la simulación urbana encontramos clasificaciones de escenarios de simulación según el tipo de resultado que se pretenda obtener. Partimos de la suposición de que los escenarios de simulación de crecimiento urbano son, en principio, prospectivos, correspondiéndose generalmente con situaciones futuras probables, posibles o deseables. De esa forma, los tres tipos de escenarios producidos (predictivos, exploratorios y normativos), varían según la orientación futura que representan¹².

El primer grupo representa escenarios probables, que tienen como objetivo conocer lo que puede suceder en un plazo de tiempo generalmente corto. Dentro de estos escenarios predictivos, hay una ramificación que se basa, o en las predicciones *per se*, o en las técnicas *what if?* (¿qué sucedería si...?). Este se considera más adecuado en estudios de simulación de expansión urbana por permitir generar varias posibilidades según variaciones en los datos de entrada, lo que es muy útil en función de la gran complejidad del fenómeno y de la dinámica acelerada de los cambios urbanos.

Los escenarios exploratorios, muestra evoluciones posibles de crecimiento, y contestan a la pregunta ¿qué puede pasar? , en el caso de que un planteamiento u otro se elija en base a una teoría o hipótesis. El principal enfoque de los escenarios exploratorios se centra en las decisiones a tomar.

¹² AGUILERA BENAVENTE, F. M. *Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano*. 496p. 2010.

Los escenarios normativos consisten en generar escenarios óptimos según metas deseables. Este responde a la pregunta ¿qué debería pasar?, y su enfoque está principalmente en el planteamiento de las transformaciones necesarias para alcanzar un estado determinado.

Tabla N° 08: Resumen de las características de los distintos tipos de modelos prospectivos de simulación urbana.

Escenario	Predictivos	Exploratorios	Normativos
Pregunta	¿Qué pasará?	¿Qué puede pasar?	¿Qué debe pasar?
Escenario futuro	Probable	Posible	Imaginario
Carácter	Descriptivo	Explicativo	Deseado
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Extrapolar tendencias - Evaluar escenarios - Predecir estados futuros - Imitar el mundo real 	<ul style="list-style-type: none"> - Explorar teorías - Generar hipótesis Probar hipótesis	<ul style="list-style-type: none"> - Discutir metas deseables - Imaginar el futuro ideal
Variación de escenarios	<i>Predicción o ¿what if?</i>	Externos o estratégicos	De optimización o de transformación
Énfasis	Resultados y validez	Decisión a tomar	Planteamiento de transformaciones necesarias
Resultados	Esperanza de que esté bien	Ejerce cierto control sobre los resultados	Control total sobre resultados
Modelos más comúnmente utilizados	MBA	MBA, CA, Regresión logística	CA, AMC (multicriterio)

Fuente: Simulación urbana, Aguilera Benavente. 2010.

2.3.3. Modelo de simulación basado en agentes

Un modelo basado en agentes (MBA) es un tipo de modelo computacional que permite la representación y posterior simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro de un ambiente.

Un MBA es una herramienta para el estudio de sistemas (por ej.: sistemas sociales). Mediante la simulación de un MBA, se puede evaluar de manera sistemática diferente hipótesis relativa a las propiedades de los agentes, sus reglas de comportamiento, los tipos de interacciones y su efecto a nivel macro de los hechos modelados del sistema.

En el contexto de los modelos de simulación aplicados a las ciencias sociales, y más concretamente a los temas urbanos, los MBA son considerados modelos muy adecuados¹³. Las principales características de los modelos basados en agentes son la posibilidad de considerar el comportamiento de los agentes al estudiar los cambios territoriales; permitir el movimiento libre de los agentes en el área de estudio, no estando restringidos a una vecindad inmediata (pudiendo ser los agentes, incluso, entidades no espaciales); y la capacidad de capturar fenómenos emergentes, que reflejen el comportamiento individual en la aparición de patrones espaciales. Algunos autores consideran los MBA modelos idóneos para trabajar con fenómenos complejos (como las dinámicas urbanas) debido a la relativa facilidad que estos presentan para incorporar algunas de sus características, como auto organización, caos, adaptación, etc.

¹³ CASTLE, C.J.E. y CROOKS A.T. Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations, CASA Working Papers Series 110. 2010.

2.3.4. Método de Montecarlo en la simulación

El método Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas físicos y matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias. El método Montecarlo fue bautizado así por su clara analogía con los juegos de ruleta de los casinos, el más célebre de los cuales es el de Montecarlo, casino cuya construcción fue propuesta en 1856 por el príncipe Carlos III de Mónaco, siendo inaugurado en 1861.

La importancia actual del método Montecarlo se basa en la existencia de problemas que tienen difícil solución por métodos exclusivamente analíticos o numéricos, pero que dependen de factores aleatorios o se pueden asociar a un modelo probabilística artificial (resolución de integrales de muchas variables, minimización de funciones, etc.).

Gracias al avance en diseño de los ordenadores, los cálculos de Montecarlo que en otro tiempo hubieran sido inconcebibles, hoy en día se presentan como asequibles para la resolución de ciertos problemas. En estos métodos el error $\sim 1/\sqrt{N}$, donde N es el número de pruebas y, por tanto, ganar una cifra decimal en la precisión implica aumentar N en 100 veces.

Se puede afirmar que el método de Montecarlo emplea deliberadamente números al azar en el estudio de un "proceso estocástico". Por proceso estocástico se entiende una secuencia de estados cuya evaluación viene determinada por sucesos al azar. Se ha dicho que un método como este nunca permitirá obtener nada más que una aproximación no excesivamente buena a los valores numéricos de algunas propiedades

2.3.5. Malestar social en la vida urbana

El malestar social es manifestación evidente de insatisfacción o inseguridad de un grupo humano, en una zona urbana las causas del malestar social son muchísimas, sin embargo los efectos en el individuo suelen ser los mismos, en diferente intensidad, insatisfacción por una expectativa o necesidad no cubierta; el otro efecto es la desconfianza.

El Malestar Social en la vida urbana no es una variable aislada y tangible a simple vista, pues sólo a partir de la conjunción de teorías y análisis empíricos se puede estudiar a fondo. Aun así, teniendo una importante carga subjetiva y siendo un concepto abstracto, también está correlacionado con elementos de control de vida objetivos como la seguridad pública, laboral o social, la eficiencia en políticas públicas, etc. Otro factor importante es la relación con los ciclos económicos, pues éstos inciden en el grado de bienestar; es decir, el factor económico está vinculado con aquellos aspectos que brindan certeza y calidad de vida¹⁴.

En este trabajo de investigación el concepto de malestar social se restringe a la insatisfacción que causa el inadecuado desarrollo del sistema de transporte urbano; en el caso de la aglomeración urbana de Tarapoto son variables susceptibles de evaluar la insatisfacción que causa el costo de pasaje, la inseguridad que causan los accidentes de tránsito y la inseguridad que causa los robos relacionados a algunos mototaxistas; Sin embargo, tomamos para el análisis las variables más objetivas como el costo de pasaje y accidentes de tránsito.

¹⁴ RAMIREZ KURI, Patricia. *Ciudad y malestar social*. IIS-UNAM, México. 2009.

2.3.6. Dinámica de sistemas

Definición:

Es una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas y su comportamiento a través del tiempo con tal de que tenga características de existencias de retardos y bucles de realimentación.

La dinámica de sistemas usa conceptos del campo del control realimentado para organizar información en un modelo de simulación por ordenador. Un ordenador ejecuta los papeles de los individuos en el mundo real. La simulación resultante revela implicaciones del comportamiento del sistema representado por el modelo.

Pensamiento sistémico:

En su nivel más amplio, el pensamiento sistémico abarca una amplia y heterogénea variedad de métodos, herramientas y principios, todos orientados a examinar la interrelación de fuerzas que forman parte de un proceso común.

Hay una forma del pensamiento sistémico que se ha vuelto sumamente valiosa como idioma para describir el logro de un cambio fructífero en las organizaciones. Esta forma, llamada “dinámica de sistemas”.

Evento continuo:

La simulación continua es análoga a un depósito en donde el fluido que atraviesa una cañería es constante. El volumen puede aumentar o puede disminuir, pero el flujo es continuo. En

modelos continuos, el cambio de valores se basa directamente en los cambios de tiempo.

Evento discreto:

La llegada de órdenes, o las partes que están siendo ensambladas, así como los clientes que llaman, son ejemplos de eventos discretos. El estado de los cambios en los modelos sólo se da cuando esos eventos ocurren.

Diagramas causales:

- Muestran el comportamiento del sistema.
- Permite conocer la estructura de un sistema dinámico, dada por la especificación de las variables y la relación de cada par de variables.
- Diagramas Causales Tipos de relaciones que ligan dos elementos entres si:
- RELACIÓN CAUSAL: Aquella en la que un elemento A determina a otro B, con relación de Causa a Efecto.
- RELACIÓN CORRELATIVA: Existencia de una correlación entre dos elementos del sistema, sin existir entre ellos una relación Causa-Efecto.

Límites del sistema:

- Selección de aquellos componentes que sirvan para generar los modos de comportamiento.
- Espacio en donde se llevará a cabo el estudio.
- No se toman en cuenta aspectos irrelevantes.

Principales variables en los modelos:

- Variables exógenas que afectan al sistema sin que este las provoque.
- Variables endógenas que afectan al sistema pero este sí las provoca.

Categorías de paradigmas de modelado:

Durante siglos el desarrollo de sistemas dinámicos estuvo basado en el estudio de modelos de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales. Estas permitieron modelar exitosamente los sistemas dinámicos encontrados en la naturaleza (de hecho, los éxitos de la física y esta línea de investigación fueron tan grandes que penetraron casi todo el pensamiento científico). Pero por otro lado, la tecnología moderna ha permitido que el hombre cree sistemas dinámicos que no pueden ser descritos fácilmente por medio de ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales. Como ejemplos de tales sistemas podemos mencionar líneas de producción o ensamblado, las redes de computadoras y comunicaciones, los sistemas de control tráfico (en el aire y tierra), los sistemas de control militar, etc. En estos sistemas, la evolución en el tiempo depende de interacciones complejas de varios eventos discretos y de su temporalidad, tales como la llegada o partida de un trabajo, y la iniciación o finalización de una tarea, etc. El "estado" de tales sistemas sólo cambia en instantes discretos de tiempo en lugar de continuamente.

La simulación aparece como una alternativa para estudiar el comportamiento de estos sistemas complejos. Una de las

primeras aplicaciones de simulación con computadoras fue en el proyecto Manhattan, donde se estudió la difusión aleatoria de neutrones para el desarrollo de la bomba atómica, usando métodos de Montecarlo.

El impacto de la tecnología de computadoras ha tenido gran influencia en el desarrollo de técnicas de simulación, y en la actualidad existe hardware, interfaces con el usuario y herramientas de programación que influenciaron los métodos teóricos existentes.

La gran variedad de paradigmas de modelado puede clasificarse de acuerdo a distintos criterios.

Con respecto a la base de tiempo, hay paradigmas a tiempo continuo, donde se supone que el tiempo evoluciona de forma continua (es un número real), y a tiempo discreto, donde el tiempo avanza por saltos de un valor entero a otro (el tiempo es un entero).

Con respecto a los conjuntos de valores de las variables descriptivas del modelo, hay paradigmas de estados o eventos discretos (las variables toman sus valores en un conjunto discreto), continuos (las variables son números reales), y mixtos (ambas posibilidades).

Ventajas y desventajas del uso de la simulación:

Aunque la técnica de simulación generalmente se ve como un método de último recurso, recientes avances en la metodología de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de

simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas.

Además de las razones antes mencionadas, Thomas H. Naylor ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas:

- A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
- Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
- La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadísticos, análisis teórico, etc.
- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.
- La técnica de simulación puede ser utilizada para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales tiene poca o ninguna información. A través de esta

experimentación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.

- La técnica de simulación se puede utilizar también para entrenamiento de personal. En algunas ocasiones se puede tener una buena representación de un sistema (como por ejemplo los juegos de negocios), y entonces a través de él es posible entrenar y dar experiencia a cierto tipo de personal.
- Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser usada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en el comportamiento del sistema.
- Los sistemas los cuales son sujetos de investigación de su comportamiento no necesitan existir actualmente para ser sujetos de experimentación basados en la simulación. Solo necesitan existir en la mente del diseñador.
- El tiempo puede ser comprimido en los modelos de simulación. El equivalente de días, semanas y meses de un sistema real en operación frecuente pueden ser simulados en solo segundos, minutos u horas en una computadora. Esto significa que un largo número de alternativas de solución pueden ser simuladas y los resultados pueden estar disponibles de forma breve y pueden ser suficientes para influir en la elección de un diseño para un sistema.
- En simulación cada variable puede sostenerse constante excepto algunas cuya influencia está siendo estudiada. Como resultado el posible efecto de descontrol de las

variables en el comportamiento del sistema necesitan no ser tomados en cuenta. Como frecuentemente debe ser hecho cuando el experimento está desarrollado sobre un sistema real.

- Es posible reproducir eventos aleatorios idénticos mediante una secuencia de números aleatorios. Esto hace posible usar las técnicas de reproducción de varianza para mejorar la precisión con la cual las características del sistema pueden ser estimadas para dar un valor que refleje el esfuerzo de la simulación.

2.3.7. Complejidad emergente de los procesos urbanos

Pobreza e informalidad:

En las ciudades de la región coexisten la formalidad urbana con la informalidad, tanto en su dimensión económica (el empleo formal e informal) como habitacional (los asentamientos formales y los barrios convencionales). Esta dualidad se da de manera especial para los ciudadanos más pobres.

La baja productividad que prevalece en el sector informal se relaciona de manera directa con la insuficiencia de ingreso laboral, con frecuencia este sector informal para los pobres representa la única oportunidad de obtener ingresos.

En algunos casos, no existe una oferta suficiente de empleo productivo —desde una perspectiva cuantitativa— para los pobres urbanos en general o para ciertos grupos en particular.

Otros aspectos de orden cualitativos hacen del empleo informal una alternativa atractiva para los pobres¹⁵.

La complejidad de los procesos urbanos según Jane Jacobs:

La ciudad es un lugar donde aparece un tipo de complejidad organizada, donde varias variables están cambiando constantemente y con conexiones sutiles, no son problemas que pueden ser entendidos en su totalidad.

Jacobs, analiza el problema de un espacio que no sólo depende de su diseño y de su contexto, sino también de la interacción de cada uno de sus elementos con el contexto y como esto transforma el mismo contexto. Nuevos conjuntos de influencias se crean a partir de la interrelación, y por eso no se puede tratar de reducir el problema a uno simple.

La definición de capital social de Jacobs parte desde sus observaciones de las grandes urbes, en las cuales *“las personas invierten años de sus vidas en relaciones significativas, una vez establecidas, estas redes se pueden expandir con relativa rapidez, tejiendo nuevas formas resilientes y nuevas organizaciones. Estas redes son el irremplazable capital social de la urbe”*¹⁶.

El trabajo de Jane Jacobs demuestra su interés en los procesos sociales y su espíritu de “activista urbana”, acuñando términos como experiencia urbana y el mismo concepto del capital social.

¹⁵ JORDAN, Ricardo y SIMIONI, Daniela. *Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. CEPAL. Chile, Santiago. Pág. 108-109. 2003.

¹⁶ Jacobs es considerada como la creadora del concepto del capital social, el cual forma actualmente un término central en la discusión política y científica.

Una aproximación a la ciudad desde la teoría de la complejidad:

Hoy en día ramas enteras de las ciencias sociales y la propia disciplina de la teoría de la complejidad se dedican a la investigación de sistemas complejos. En este sentido, se trata de llevar el término de la complejidad más allá de una contraposición al pensamiento reduccionista y analizar la ciudad desde una nueva perspectiva informada por los conocimientos que surgen de la teoría de la complejidad.

Un sistema complejo es un sistema compuesto por varias partes entrelazadas que a partir de la interacción – del comportamiento colectivo - generan nuevas propiedades del sistema, son las propiedades emergentes que hacen que el todo no es igual a la suma de sus partes. Esta concepción holística explica la diferencia con un sistema complicado, que aunque está formado por varios componentes, sus enlaces no agregan información al todo, es suficiente con entender las partes para entender el sistema.

En las ciudades, como en los sistemas complejos, debemos conocer cómo se relacionan las partes entre sí y como esto afecta al todo para entender el sistema¹⁷.

Continuando con la jerga de los sistemas dinámicos, encontramos también que el sistema puede sufrir perturbaciones que la desplazan de su equilibrio. Las ciudades están afectadas por shocks ambientales: los cambios de gobierno, migraciones, incendios y otras catástrofes, por falta de recursos edificios enteros quedan sin uso, las industrias

¹⁷ VARGAS KOCH, Sofia. *Emergencia Urbana*. Diseño y Estudios Urbanos PUC. Santiago de Chile. 2007.

quiebran, un solo evento puede cambiar la vida de un barrio. La sociedad cambia constantemente, y en este sentido el contexto de la ciudad es un contexto dinámico.

Por otra parte, cambiar de paradigma desde la idea laplaciana de determinismo al caos nos lleva a reconocer que existen comportamientos que difícilmente son predecibles, pero al mismo tiempo nos abre nuevas posibilidades para un entendimiento diferente de los problemas actuales.

2.3.8. El desarrollo urbano de la ciudad de Tarapoto y núcleos urbanos de Morales y La Banda de Shilcayo.

Ubicación de distritos

Tarapoto: Es la capital de la Provincia de San Martín, en la Región San Martín. Se encuentra ubicada en la cadena oriental del Área Natural Protegida Cerro Escalera: a 6°31'30" de latitud sur y a 76°22'50" longitud Oeste. A una altura de 333 m.s.n.m.

Morales: Se encuentra situada a 283 msnm, 3 km al norte de Tarapoto, a 6°36'15" de latitud sur y 76°10'30" de longitud oeste.

La Banda de Shilcayo: Se encuentra a 1 km de la capital de su provincia, Tarapoto y 618 km al noreste de Lima. Se eleva a los 350 m.s.n.m. Limita al norte con la provincia de Lamas (Distrito de Caynarachi) y con el distrito de San Antonio, al oeste con el distritito de Tarapoto, al sur con el distritito de

Juan Guerra y Shapaja, al este con Chazuta y con el distrito de la provincia Lamas, Barranquita.

Contexto departamental

Una de las características del desarrollo urbano del departamento de San Martín tienen relación con los roles y funciones que asumen los centros poblados estructurados en el Sistema Urbano Regional; en concordancia con las características y dinamicidad de su estructura económica y demográfica que de alguna manera van definiendo su jerarquía.

En el departamento se puede distinguir las siguientes formas y localización espacial de los servicios en apoyo a la producción.

Centros de apoyo a la producción:

Caracterizada por las facilidades naturales que ofrece su localización para la concentración de la producción local, y distribución a los mercados (en la zona del Alto Mayo tenemos a Naranjos, Bajo Naranjillo, Nueva Cajamarca, Soritor; en la zona Bajo Mayo/Bajo Huallaga se tiene a Tabalosos, Sauce, Chazuta, San José de Sisa, Barranquita y Huimbayoc; en las zonas de Huallaga Central y Alto Huallaga se tiene a Saposoa, San Pablo, Campanilla, Huicungo, Pachiza, Pólvora, Uchiza y Nuevo Progreso.

Centros de acopio:

Asentamientos cuya actividad básicamente está referida a la captación de productos para su selección, envase, transporte, comercialización, transformación y distribución al mercado (Nueva Cajamarca, Rioja, Moyobamba, Tarapoto, Bellavista, Picota y Tocache (arroz, maíz), Juanjui y El Dorado (café,

cacao), Lamas, Uchiza (palmito, aceite), en las diferentes zonas, Huallaga y Picota (producción para el mercado local).

Centros de servicios y distribución para la producción:

Son asentamientos para brindar servicios a la producción como son los servicios de alquiler de maquinaria agrícola, repuestos de maquinaria agrícola, venta de productos químicos (pesticidas y fertilizantes) o productos veterinarios (Tarapoto, Bellavista, Moyobamba, Rioja, Nueva Cajamarca, Picota, Juanjuí. Saposoa, Uchiza y Tocache.

Contexto Provincial

La provincia de San Martín se encuentra ubicada en el extremo Nor Oriental del departamento del mismo nombre. Las altitudes en la provincia van desde los 190 m.s.n.m (Distrito de El Porvenir) hasta los 1,650 m.s.n.m en la Cordillera Azul (Shapaja).

Extensión: Tiene una extensión territorial de 5,639.82 Km² que constituye el 11% de la superficie total del departamento.

Población: El comportamiento de la población en la Provincia ha sido creciente, según el Censo Nacional 2007 la Provincia de San Martín representa el 22% de la población de la Región del mismo nombre, y a nivel provincial los distritos con población son: Tarapoto con el 42%, Banda de Shilcayo el 18%, Morales el 15%, Sauce el 7% y mientras que Alberto Leveau es el distrito con menor población (0.5% de la población provincial)

Condiciones de Vida:

Sobre las características de las condiciones de vida de la población se ha utilizado el Mapa de Pobreza de FONCODES: En la Provincia de San Martín podemos advertir que al agruparse a la población por Quintiles de carencias los distritos de la provincia se encuentran entre el quintil 1 (más pobre) son: Chazuta, Chipurana, Huimbayoc, Papaplaya y 5 (el quintil 5 es el menos pobre), aquí está ubicado Tarapoto.

Educación:

Sobre las características de la Educación señalaremos que de un total de 218 Instituciones Educativas de la Provincia de San Martín con Educación Básica Regular el 24% se encuentra ubicada en el Distrito de Tarapoto, el 13% en Chazuta, 11% en Banda de Shilcayo y el 10.5% en Huimbayoc.

Cabe resaltar que las Instituciones Educativas Superiores No Universitarias se encuentran centralizadas en el distrito de Tarapoto y Banda Shilcayo.

La estructura económica:

Las actividades agropecuaria, agroindustrial, comercial y turística son las dinamizadoras de la economía. Son veinte los principales cultivos agrícolas de importancia económica de la provincia de San Martín, de las cuales 9 de los cultivos son de importancia económica por la superficie cosechada y volúmenes de producción, siendo el cultivo de arroz que lidera la lista de los productos agrícolas, seguida del plátano, maíz, café, caña de azúcar, cacao, yuca, frijol grano seco, frijol castilla.

Son diversas las líneas industriales o manufactureras que se desarrollan en la provincia de San Martín por micro, pequeños y medianos empresarios. La línea de industria comprende entre los más relevantes los rubros de carpintería, aserradero, metal mecánica, ladrillerías, industria del vestido, fabricación de postes, industria del tabaco, fabricación de artesanías. El rubro más dinámico son las carpinterías y la industria de las confecciones de vestidos.

La línea de agroindustria comprende a los rubros de panaderías, vitivinicultura (vinos y licores macerados y cocteles), mataderos, industria láctea, chocolaterías, molinerías, plantas de tratamiento y envasado de agua. El rubro más dinámico son las panaderías con un 41% de la línea de agroindustria, seguida de las vitivinicultura (16%).

El 54% de las líneas industriales están comprendidas en la línea industrial, el 23% en la línea agroindustrial y el 23% en otras líneas.

Síntesis Ambiental.

Las características ambientales de la ciudad de Tarapoto y los núcleos urbanos colindantes se han ido deteriorando paulatinamente, debido a varias consideraciones, entre las cuales destaca el aumento continuo y desordenado de la población y su concentración progresiva en la conurbación urbana.

El desarrollo de actividades económicas y de origen antrópico ocasionan día a día, más problemas al ambiente, con la generación de sustancias (basura, pesticidas, aguas residuales) de origen urbano en el medio natural, ocasionando

alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y la consecuentemente degradación de la calidad de vida (salud, aire puro, agua limpia, recreación, disfrute de la naturaleza, etc.

La ciudad cuenta con remanentes de diversidad biológica, especialmente por la presencia de diversas áreas naturales que a la fecha son objeto del abandono (a excepción de algunas áreas de propiedad privada) y de su pérdida progresiva. Esta disminución de áreas verdes urbanas y la creciente contaminación que genera la ciudad está siendo enfrentada todavía de manera poco efectiva.

El crecimiento urbano desordenado tiene su expresión en la ocupación de áreas de riesgo ambiental y hacia zonas bajas e inundables de la ciudad, agotando y deteriorando las posibilidades del casco urbano.

Otro problema es la escasez del agua para consumo humano y regadío debido al uso inadecuado, al mal estado de las redes. A esto se suma el paulatino deterioro de la ciudad por la falta de drenajes ante las precipitaciones pluviales que caracterizan a la ciudad.

Un 25% de la población de Tarapoto no cuenta con sistema de agua ni desagüe, todos los residuos van directamente al río sin ser tratados afectando al ecosistema hídrico y zonas de potencial turístico. Lo mismo ocurre, con los desechos hospitalarios se disponen directamente al botadero de Yacucatina, a 25 km de la ciudad en el circuito hacia Utcucarca.

Población urbana

Población: Según el censo 2007 Tarapoto tiene una población de 67,362 habitantes, La Banda de Shilcayo 24,932, Las Palmas 942 y Morales 22,874.

Migración: Uno de los fenómenos sociales más importantes del proceso de ocupación de los territorios ha sido el de la migración. Junto a este fenómeno, se ha dado un importante proceso de urbanización. En el caso de la ciudad de Tarapoto estos procesos tuvieron como uno de sus determinantes la construcción de la carretera Marginal; así como la violencia política de la década del 80 e inicios de la del 90. En este último caso, las ciudades como Tarapoto fueron los destinos de estos flujos poblacionales; frente a ello los centros urbanos no estaban preparados con propuestas planificadas de ocupación, con servicios básicos, con áreas de expansión seguras, etc.; razón por la cual se tiene una ciudad que ha crecido de una manera inorgánica y no planificada. En dichas condiciones el acceso al suelo tuvo como característica a las invasiones de las áreas marginales de la ciudad.

Hacia el año 2007, en el núcleo urbano de Tarapoto el 9% de su población había migrado hace más de 5 años de los departamentos de Lima 3% y Loreto 2%; en Banda Shilcayo el 10% de su población es migrante y en Morales el 10%.

Morfología y evolución urbana

Tarapoto: Ciudad de trama ortogonal, compuesta por 1,083.46 has, conformada por la zona central, donde se ubica la Plaza Mayor y sus barrios: Cercado, Suchiche, Partido Alto,

La Hoyada, Circunvalación, Tarapotillo, Sachapuquio, Comercio, 9 de Abril, Huayco, Atumpampa. Organizado por sus vías principales: Jr. San Martín, Jr. Augusto B. Leguía, Jr. Jiménez Pimentel, Jr. Martínez de Compañón, Jr. Jorge Chávez, Jr. Orellana, Vía de Evitamiento, Av. Circunvalación. Cuenta con vías pavimentadas en calles principales: Jr. Jiménez Pimentel y Jr. Martínez de Compañón, Augusto B. Leguía, Jr. San Martín, Jr. Jorge Chávez, Jr. Orellana Jr. Lima y el Jr. Alfonso Ugarte.

La mayoría de las calles, conforme se van alejando del centro, se van tornando en vías afirmadas, sin veredas y, parcialmente con cunetas. El distrito está vinculado al comercio y servicios.

El total de manzanas que componen el sector es de 698 manzanas.

Morales:

El área ocupada es de 605.11 has, sin incluir las áreas recreativas. Su superficie es ligeramente plana en la parte central con pendiente suave hacia el río Cumbaza y pendiente media hacia las partes altas (Urb. Baltasar Martínez de Compañón (FONAVI), Barrio San Martín–Universidad).

Es una ciudad de trama ortogonal, conformada por la zona central donde se ubica la plaza mayor, el barrio San Martín, los asentamientos humanos Las Palmeras, Los Andes, A.H. Cumbaza, la Urb. Baltasar Martínez de Compañón, la asociación de vivienda La Planicie, y los recreos ubicados a lo largo de la carretera Fernando Belaúnde Terry. La presencia del río Cumbaza le da un carácter de balneario.

Las actividades, en general, están vinculadas a la agricultura, a los servicios turísticos, la recreación y la vida nocturna. El centro y las vías principales están pavimentadas: Av. Salaverry, Av. Perú, sin embargo, la mayor parte de vías son afirmadas con cunetas de tierra. El total de manzanas que componen el sector es 328 manzanas.

La Banda de Shilcayo:

El área que ocupa es de 644.69 has., extendiéndose hasta las laderas del cerro Escalera. Es una ciudad de trama ortogonal, limitada por el río Shilcayo, por la carretera Fernando Belaúnde Terry y un componente urbano de la ciudad, es la quebrada Choclino en toda su extensión.

La ciudad cuenta con barrios marginales y las asociaciones de s: A.H. Pachacútec, A.H. Progreso, A.H. La Florida vivienda: La Victoria, Las Brisas de la Molina, Ciudad Satélite, Villa Autónoma, El Edén, 2 de Febrero, Sananguillo. Tiene una estrecha relación con el transporte hacia otras provincias del departamento (Juanjuí, Yurimaguas) Cuenta con calles pavimentadas de acceso al distrito, al hotel Shilcayo, el Jr. Perú y las que circundan a la plaza, el resto de la superficie vial es de suelo afirmado.

Sus actividades están vinculadas a la agricultura, a la vivienda y a la pequeña industria. El total de manzanas que componen el sector es 471 manzanas.

2.3.9. ¿Por qué la gente migra a Tarapoto?

A pesar de no ser la capital de la Región San Martín -título que le corresponde a la ciudad de Moyobamba, Tarapoto es la ciudad más importante de dicha región por ser la más poblada, la de mayor comercio y turismo. La migración hacia esta ciudad está relacionada a que San Martín es la región de la selva cuyo PBI ha crecido más desde el año 2002, y en los últimos años a un ritmo de casi 5%, habiéndose beneficiado directamente con este crecimiento como centro administrativo, de comercio y servicios para el apoyo a la producción agropecuaria y el turismo¹⁸. Tarapoto, además, es el paso obligado al resto de la selva norte, así como del transporte multimodal hacia ella, precisando que es el punto final de la vía terrestre e inicio de la vía fluvial transoceánica con el Brasil

2.3.10. La incertidumbre en el Mercado energético del petróleo y su influencia en los costos del servicio del STU.

Es muy complejo establecer un modelo sobre el precio del petróleo. En este sentido, la predicción resulta más compleja ante el problema de la información incompleta acerca de los fundamentales del mercado, tanto del nivel de reservas, como de inventarios y costes de exploración y producción. De hecho, cuando el precio del crudo no es coherente con los fundamentales del mercado en el corto plazo y existe una gran incertidumbre respecto al precio que equilibraría el balance entre la oferta y la demanda en el largo plazo existe un amplio margen para amplificar la volatilidad del precio del crudo¹⁹.

¹⁸ CELADE. *Sistemas de ciudades y migración reciente en el Perú*. Centro Latinoamericano de Demografía. Pág. 63. 2009.

¹⁹ MERINO, Antonio y ALBACETE, Rebeca. *Análisis del precio del petróleo*. Dirección de Estudios y de Análisis del Entorno de Repsol. Madrid. 2010.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis alterna (H_1)

“Los escenarios futuros a largo plazo del sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto, presentarán un mayor malestar social que el actual”. ($H_1: X_1 Y_1$)

2.4.2. Hipótesis nula (H_0)

“Los escenarios futuros a largo plazo del sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto, no presentarán un mayor malestar social que el actual”. ($H_0: X_1 Y_1$)

2.5. Sistema de variables

2.5.1. Variable independiente X_1 :

X_1 = Sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto.

2.5.2. Variable dependiente Y_1 :

Y_1 =Malestar Social.

2.6. Escala de medición

Las unidades de medida para: X_1, Y_1 , serán en unidades porcentuales (%) y/o unidades numéricas según correspondan en los indicadores de cada uno (escalas de razón y nominal)

Indicadores

Indicadores de X_1 :

X_{11} = Cantidad de unidades móviles motorizadas

X_{12} = Cantidad de conductores

X_{13} = Precio ofertado del servicio del STU

X_{14} = Cantidad de Población de la aglomeración urbana de Tarapoto

X_{15} = Precio de la Gasolina

X_{16} = Nivel de congestión de STU

.

Indicadores de Y_1 :

Y_{11} = Nivel de satisfacción de costo de servicio del STU.

Y_{12} = Tasa de incidencia de accidentes de tránsito.

.

2.7. Objetivos

2.7.1. Objetivo General

- Simular el sistema de transporte urbano de la ciudad de Tarapoto para determinar el malestar social en escenarios futuros.

2.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar escenarios actuales del sistema de transporte urbano.
- Modelar el sistema de transporte urbano.
- Conocer las determinantes más sensibles que condicionan el sistema de transporte urbano
- Presentar resultados de la simulación y malestar social en escenarios futuros

CAPÍTULO II

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Población y muestra

3.1.1. Población

La población abarca a todos los conductores de vehículos y a todos los habitantes que viven en los distritos de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo que son los que forman parte de la aglomeración urbana de Tarapoto.

Para obtener la población de conductores de vehículos se ha tomado información del plan de desarrollo urbano 2011 de la MPSM que es:

Población (N₁)= 28'000 conductores.

Y para la población de la aglomeración urbana de Tarapoto se ha proyectado la población del 2012, tomando como fuente el último censo del INEI, que es:

Población (N₂)= 131'211 habitantes.

3.1.2. Muestra

Para obtener la muestra usamos la siguiente formula debido a la conveniencia en nuestra investigación.

Formula Usada:

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

Población (N_1)= 28'000 conductores

Población (N_2)= 131'211 habitantes

Probabilidad de fracaso (q)= 0.5

Probabilidad de éxito (p)=0.5

Error muestral (e)=0.1

Valor del nivel de confianza (k)=1.96

Muestra obtenida para la población de conductores (n_1)= 90

Muestra obtenida para la población de la aglomeración urbana de Tarapoto (n_2)= 96

La distribución de la muestra n_2 será de la siguiente manera:

- 44 habitantes del distrito de Tarapoto.
- 25 habitantes del distrito de Morales.
- 27 habitantes del distrito de la Banda de Shilcayo.

3.2. Ámbito geográfico.

El ámbito geográfico de esta investigación abarca a los distritos de Tarapoto, La Banda de Shilcayo y Morales (aglomeración urbana de Tarapoto)

3.3. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue pre-experimental y está asociado a la entrada de datos para la simulación del STU y generación de resultados para el nivel de malestar social.

Tabla N° 09: Diseño de investigación

Grupos	Secuencia de Registros		
	Pre-test	Tratamiento	Pos-test
Pre-experimento	OY1	X: Simulación del Sistema de transporte urbano de la aglomeración urbana de Tarapoto	OY1
n ₁	90		90
n ₂	96		96

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Procedimientos y técnicas

3.4.1. Procedimientos

Los procedimientos se realizaron en función a los objetivos que persigue esta investigación.

- a) Se realizó lecturas comprensivas, revisión y búsqueda de información sobre tópicos, teorías, hipótesis y hechos característicos relacionados con el tema de investigación. En este caso, las que se presenta como antecedentes de investigación y como referencias bibliográficas.
- b) Se seleccionó los materiales más relevantes para la investigación y se organizó pasos para elaborar los resultados de investigación.

3.4.2. Técnicas

Entre Las principales técnicas que se utilizó:

Análisis bibliográfico

Para la investigación se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica relacionada a los sistemas de transporte urbano.

Observación directa

Se ha realizado actividades exploratorias durante el proceso de investigación para determinar la situación y el contexto de los STU.

Simulación

Se estableció modelos causales a partir de los indicadores de la variable independiente y se simuló para un horizonte de tiempo de 8 años.

Fuentes:

- Plan de desarrollo de las municipalidades de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo.
- Documentos de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, Policía Nacional del Perú, etc.
- Base de datos estadístico del INEI.
- Encuestas a conductores de unidades motorizadas.
- Libros especializados

3.5. Instrumentos

3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

Encuesta

La aplicación de encuestas fue un instrumento muy importante para obtener los datos necesarios para analizar el

malestar social y se realizó en el ámbito geográfico correspondiente a la muestra, distribuido proporcionalmente según el tamaño de población de cada distrito

Entrevistas

Se realizó entrevistas con personas responsables del manejo de indicadores del MTC y la comisaría de Tarapoto, se obtuvo información relevante respecto a indicadores y nivel de confianza de esos datos.

3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos

Software de ofimático

Se usó software ofimático Excel para calcular medidas estadísticas que se aplicaron a la muestra poblacional, asimismo, para procesar información de las encuestas realizadas.

Software de simulación

Se usó el software de simulación Stella y Netlogo, el software Stella se usó para simular los crecimientos en las variables del STU y el Netlogo se usó para simular el tráfico y la congestión del STU.

3.5. Prueba de hipótesis

Para probar la hipótesis que se plantea en investigación, lo hacemos de dos formas:

- La primera forma es aplicar estrictamente el método estadístico para la prueba de hipótesis.
- La segunda forma es presentar los resultados de la simulación de los modelos desarrollados.

CAPÍTULO III

IV. RESULTADOS

4.1. Modelamiento y simulación de crecimientos de población, vehículos y accidentes de tránsito en escenarios futuros

A) Modelo de crecimiento lineal simple

Formula de proyección:

$$P_n = (P_0 \times (1+R))^n$$

Donde:

P_n : Población futura

P_0 : Población actual

R : Tasa de crecimiento interanual promedio

n : Número de años de proyección

Condiciones iniciales:

P_0 de Tarapoto = 68 259 habitantes.

R de Tarapoto = 0.0161

P_0 de Banda de Shilcayo = 29 111 habitantes

R de Banda de Shilcayo = 0.0561

P_0 de Morales = 23 561 habitantes

R de Morales = 0.0366

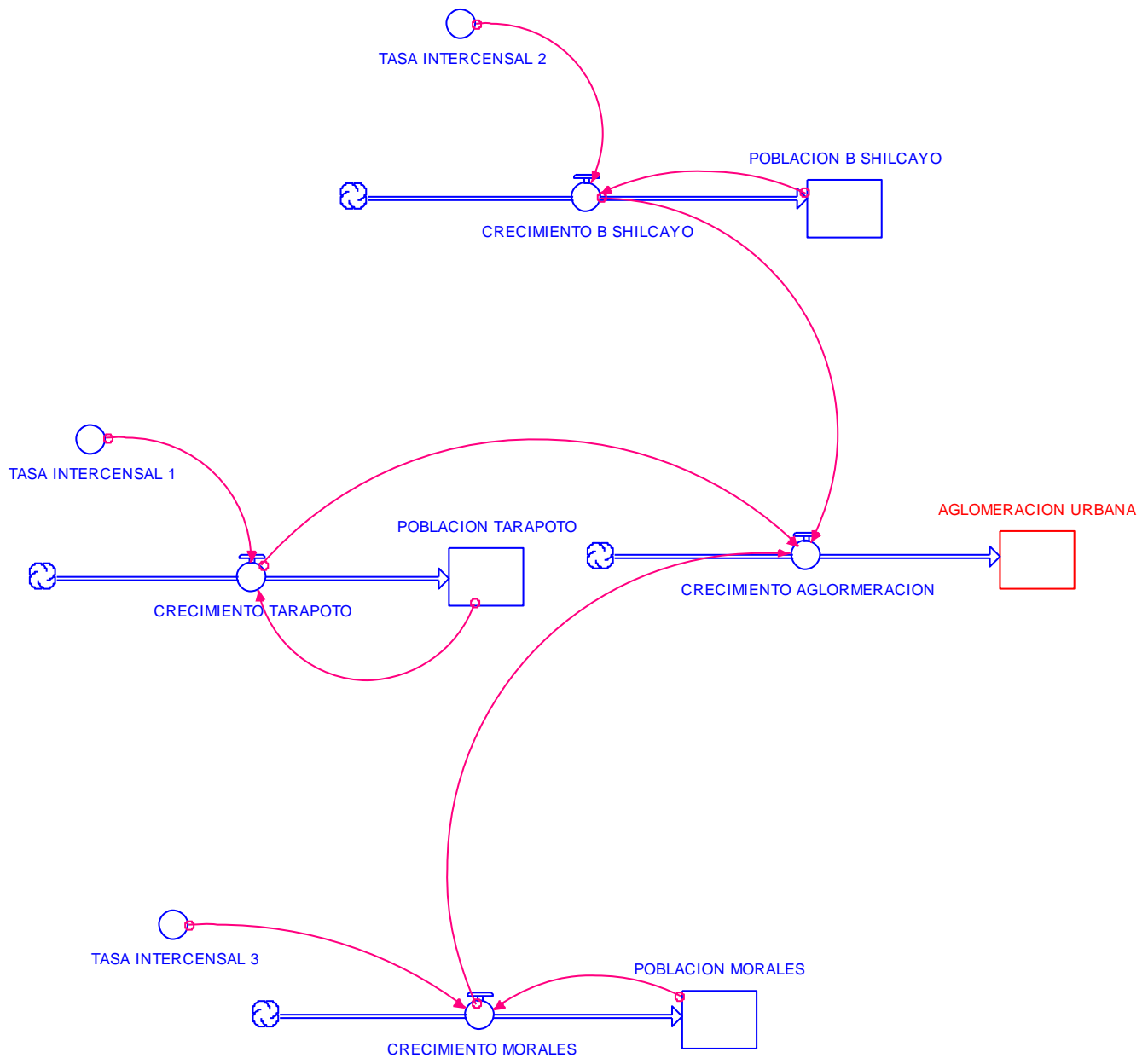


Figura N° 12: Diagrama de crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de Tarapoto, según modelo lineal simple

Fuente: Elaboración propia.

**Ecuaciones del crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de
Tarapoto según modelo lineal simple**

**AGLOMERACION_URBANA(t) = AGLOMERACION_URBANA(t - dt) +
(CRECIMIENTO_AGLORMERACION) * dt**

**INIT AGLOMERACION_URBANA =
POBLACION_TARAPOTO+POBLACION_B_SHILCAYO+POBLACION_MORALES**

INFLOWS:

**CRECIMIENTO_AGLORMERACION = CRECIMIENTO_TARAPOTO
+CRECIMIENTO_B_SHILCAYO+CRECIMIENTO_MORALES**

**POBLACION_B_SHILCAYO(t) = POBLACION_B_SHILCAYO(t - dt) +
(CRECIMIENTO_B_SHILCAYO) * dt**

INIT POBLACION_B_SHILCAYO = 29 111

INFLOWS:

CRECIMIENTO_B_SHILCAYO = POBLACION_B_SHILCAYO*TASA_INTERCENSAL_2

**POBLACION_MORALES(t) = POBLACION_MORALES(t - dt) +
(CRECIMIENTO_MORALES) * dt**

INIT POBLACION_MORALES = 23 561

INFLOWS:

CRECIMIENTO_MORALES = POBLACION_MORALES*TASA_INTERCENSAL_3

$$\text{POBLACION_TARAPOTO}(t) = \text{POBLACION_TARAPOTO}(t - dt) + (\text{CRECIMIENTO_TARAPOTO}) * dt$$

$$\text{INIT POBLACION_TARAPOTO} = 68\ 259$$

INFLOWS:

$$\text{CRECIMIENTO_TARAPOTO} = \text{POBLACION_TARAPOTO} * \text{TASA_INTERCENSAL_1}$$

$$\text{TASA_INTERCENSAL_1} = 0.0161$$

$$\text{TASA_INTERCENSAL_2} = 0.0561$$

$$\text{TASA_INTERCENSAL_3} = 0.0366$$

Tabla 10: Proyección de la población del distrito de Tarapoto para los años 2007-2020

Años	Población de Tarapoto
2007	68 259
2008	69 358
2009	70 475
2010	71 609
2011	72 762
2012	73 934
2013	75 124
2014	76 333
2015	77 562
2016	78 811
2017	80 080
2018	81 369
2019	82 679
2020	84 011

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

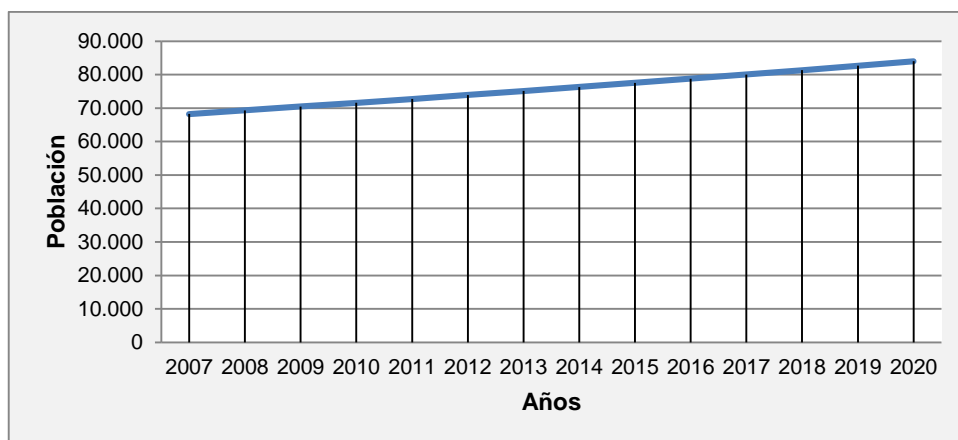


Figura N° 13: Gráfico de proyección de la población del distrito de Tarapoto para los años 2007-2020.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Tabla 11: Proyección de la población del distrito de la Banda de Shilcayo para los años 2007-2020

Año	Población de Bda. de Shilcayo
2007	29 111
2008	30 744
2009	32 469
2010	34 290
2011	36 214
2012	38 246
2013	40 391
2014	42 657
2015	45 050
2016	47 578
2017	50 247
2018	53 066
2019	56 043
2020	59 187

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

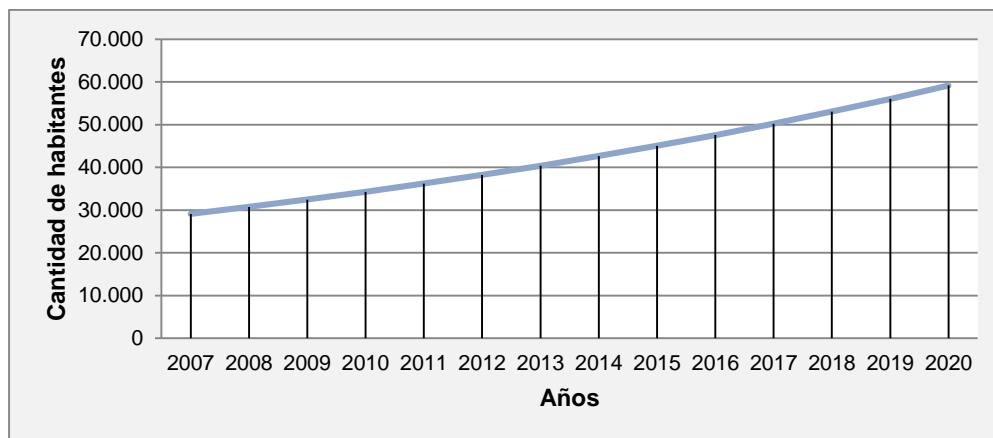


Figura N° 14: Gráfico de proyección de la población del distrito de la Banda de Shilcayo para los años 2007-2020.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Tabla 12: Proyección de la población del distrito de Morales para los años 2007-2020

Año	Población de Morales
2007	23 561
2008	24 423
2009	25 317
2010	26 244
2011	27 204
2012	28 200
2013	29 232
2014	30 302
2015	31 411
2016	32 561
2017	33 752
2018	34 988
2019	36 268
2020	37 596

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

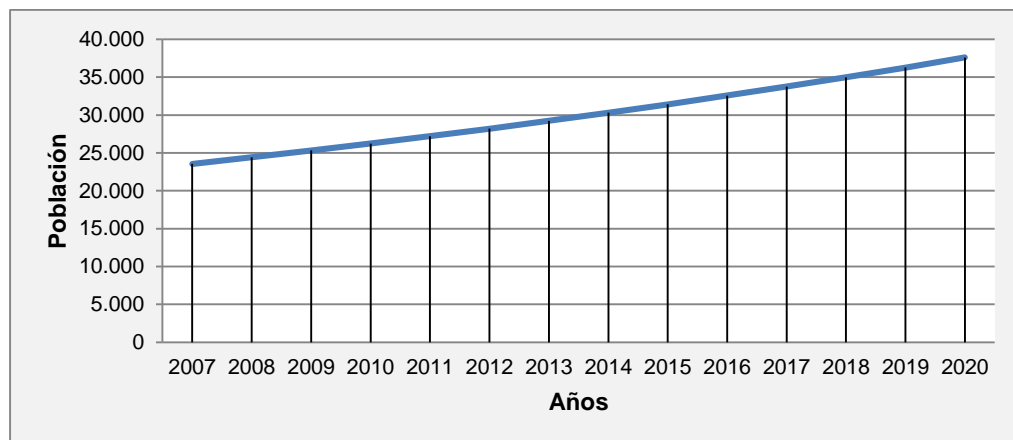


Figura N° 15: Gráfico de proyección de la población del distrito de Morales para los años 2007-2020.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Tabla 13: Proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para los años 2007-2020

Años	Aglomeración urbana	Incremento de aglomeración urbana por año
2007	120 931	3 594
2008	124 525	3 735
2009	128 261	3 883
2010	132 143	4 037
2011	136 181	4 199
2012	140 379	4 368
2013	144 747	4 545
2014	149 293	4 731
2015	154 024	4 926
2016	158 950	5 130
2017	164 079	5 343
2018	169 423	5 568
2019	174 990	5 803
2020	180 793	6 049

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

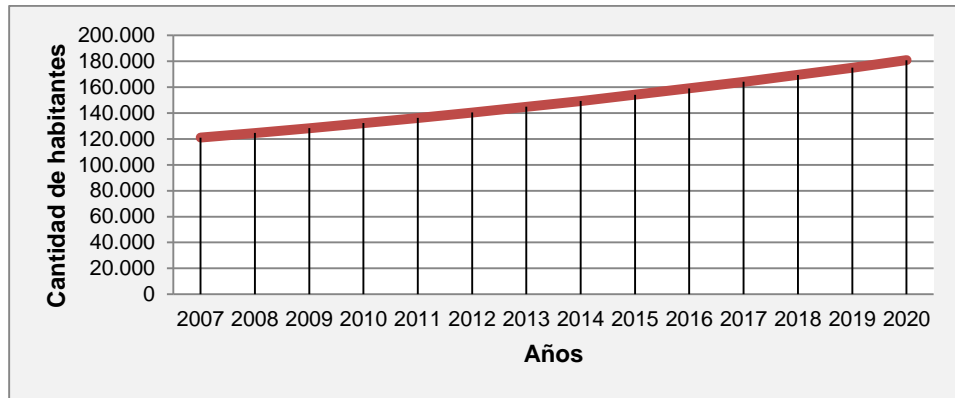


Figura N° 16: Gráfico de proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para los años 2007-2020.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

B) Modelo de crecimiento poblacional con estímulo emergente

Reglas de proyección según dinámica poblacional:

Método de Montecarlo

El primero paso ha sido introducir aleatoriedad en el modelo de dinámica poblacional, para ello hemos usado la siguiente fórmula para generar valores aleatorios entre 0.01 y 1 para cada periodo de tiempo.

$$P' = P \times \text{EXP} \left[-\eta \times \left(\frac{1 - P}{\text{MAX}(P)} \right) \right]$$

P' = Valor aleatorio Generado

P = Índice de Probabilidad

η = Parametro de estimación

Crecimiento poblacional

La ecuación básica de dinámica poblacional, queda establecida por el número de individuos en la población en función del número de nacimientos, muertes, inmigraciones y emigraciones.

Una forma alternativa de pensar en esta ecuación es refiriéndonos siempre al número de individuos en la población (N), definiendo tasas de natalidad b , mortalidad d , inmigración i y emigración e :

La ecuación es:

$$N_{t+1} = N_t + bN_t - dN_t + iN_t - eN_t$$

que es equivalente,

$$N_{t+1} = N_t (1 + b - d + i - e)$$

y reemplazando,

$$\mu = (1 + b - d + i - e)$$

Finalmente, como el crecimiento es continuo, podríamos expresarlo así:

$$\frac{dN}{d(t)} = \mu N$$

Condiciones iniciales:

Población de aglomeración urbana (N)= 120 931 habitantes.

Tasa de natalidad (b)= 0.0331

Tasa de mortalidad (d)= 0.0067

Tasa de inmigración (i)= 0.0251

Tasa de emigración (e)= 0.0102

Valores para el índice de factor socioeconómico (f)= [-1 y 1]

Cuando $f=1$, indica un crecimiento sostenible proporcional respecto a un periodo anterior en infraestructura, salud, comercio y educación.

Cuando $f=-1$, indica un estancamiento en el crecimiento de infraestructura, salud, comercio y educación.

El factor de perturbación emergente en (f) está dado por una función de Montecarlo, con una probabilidad de 0.9.

El número de simulaciones ($\#S$) para el crecimiento de población fue de 55 veces.

Condiciones de tendencia para la inmigración y emigración:

Para poder predecir con mayor exactitud se ha llevado a cabo una encuesta aplicada a personas entre 25 y 35 años de edad, con el fin de saber cuál es la tendencia respecto a la migración, la encuesta se llevó a cabo en tres puntos distintos de la aglomeración urbana de Tarapoto, esto nos permitió saber adicionalmente qué motiva a la gente a venir e irse de Tarapoto.

Se logró saber que el principal motivo porque la gente viene a establecerse es para realizar actividades comerciales y estudiar (estudios superiores). Y los principales motivos porque la gente se va de Tarapoto son para buscar emplearse y buscar hacer negocios.

Los índices de tendencia migratoria son:

Índice de tendencia de inmigración (θ_i) = 0.0035

Índice de tendencia de emigración (θ_e) = 0.0033

Tabla 14: Personas entre 25 y 35 años de edad que siempre han radicado en Tarapoto

Opción	Cantidad	Porcentaje
Si	71	73.96%
No	25	26.04%
Total	96	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

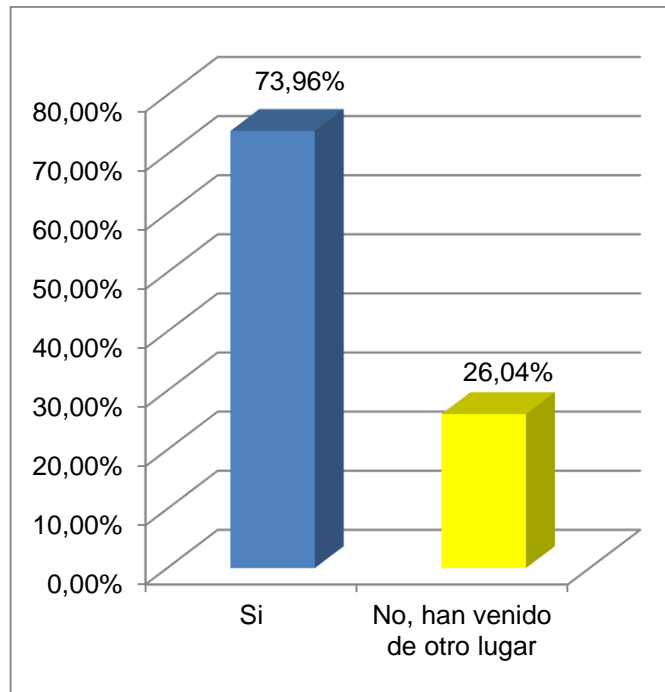


Figura N° 17: Gráfico de personas entre 25 y 35 años de edad que siempre han radicado en Tarapoto.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Motivos y/o actividades por la que vino a radicar a Tarapoto

Motivo y/o Actividades	Cantidad	Porcentaje
Comercio	11	44.00%
Educación	8	32.00%
Otros	6	24.00%
Total	25	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

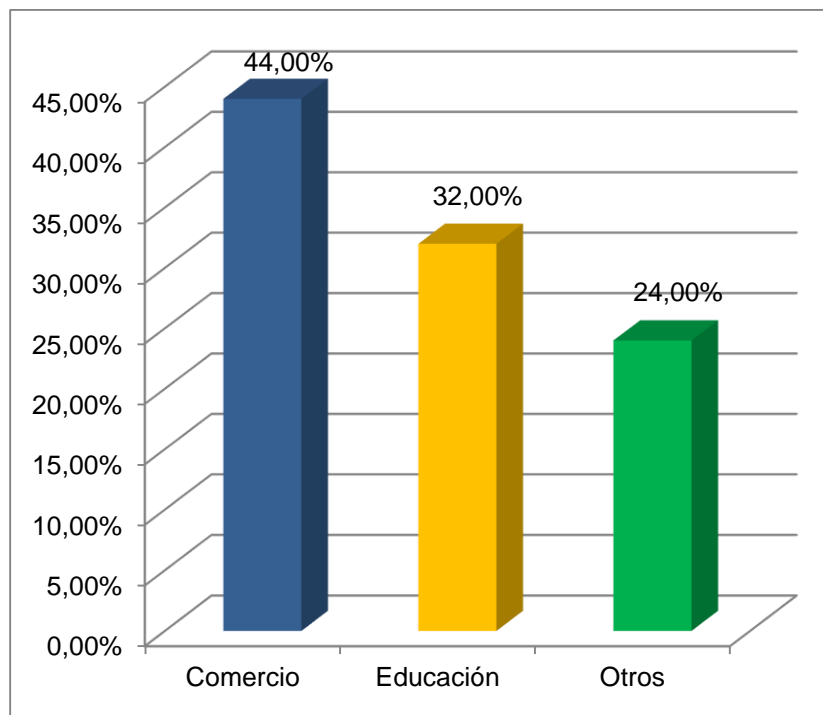


Figura N° 18: Gráfico de motivos y/o actividades por la que vino a radicar a Tarapoto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Personas que piensan emigrar de la ciudad de Tarapoto a corto plazo.

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si	24	25.00%
No	72	75.00%
Total	96	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

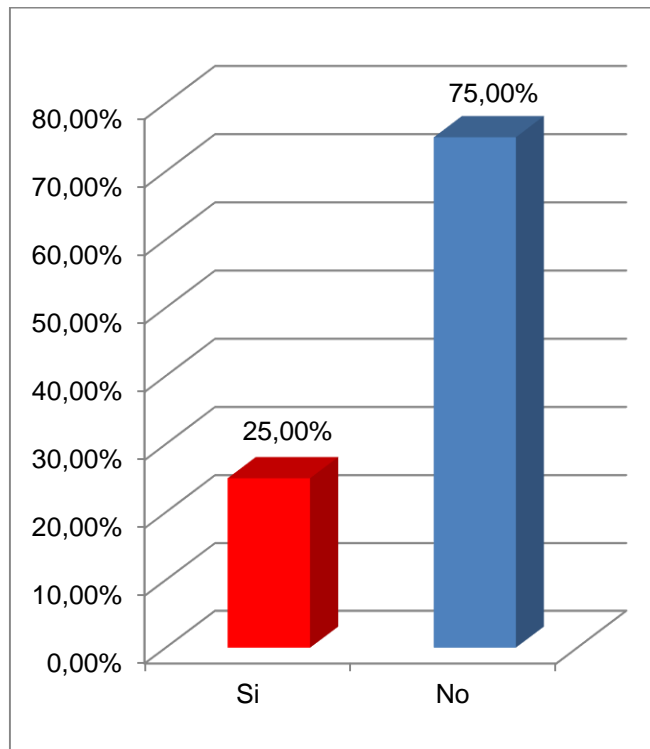


Figura N° 19: Gráfico de personas que piensan emigrar de la ciudad de Tarapoto a corto plazo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Motivos y/o actividades por la que piensa emigrar de Tarapoto a corto plazo.

Actividad y/o motivo	Cantidad	Porcentaje
Oportunidad laboral	70	72.92%
Oportunidad de negocio	15	15.63%
Educación	8	8.33%
Otros	3	3.13%
Total	96	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

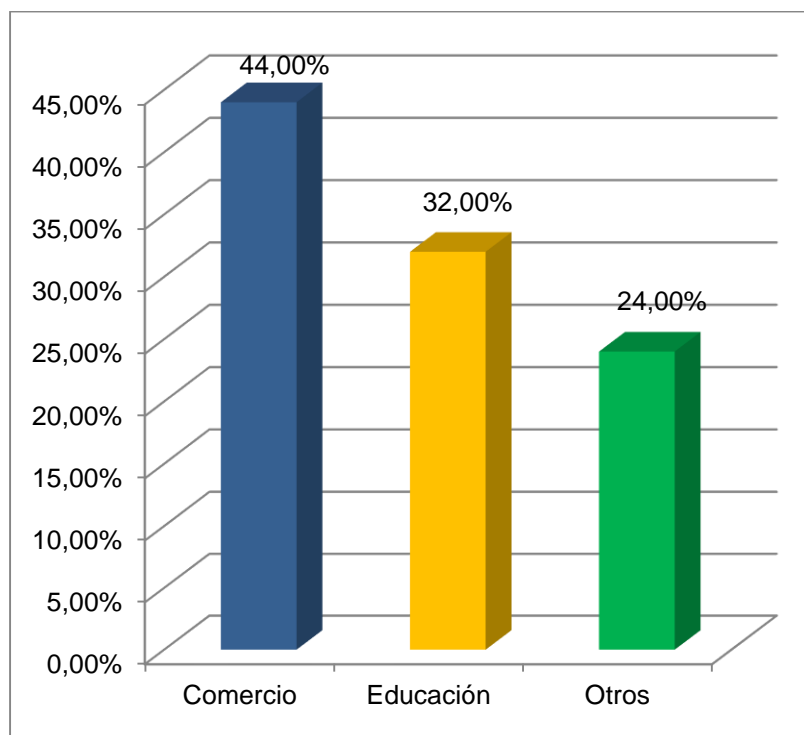


Figura N° 20: Gráfico de los motivos y/o actividades por la que piensa emigrar de Tarapoto a corto plazo.

Fuente: Elaboración propia.

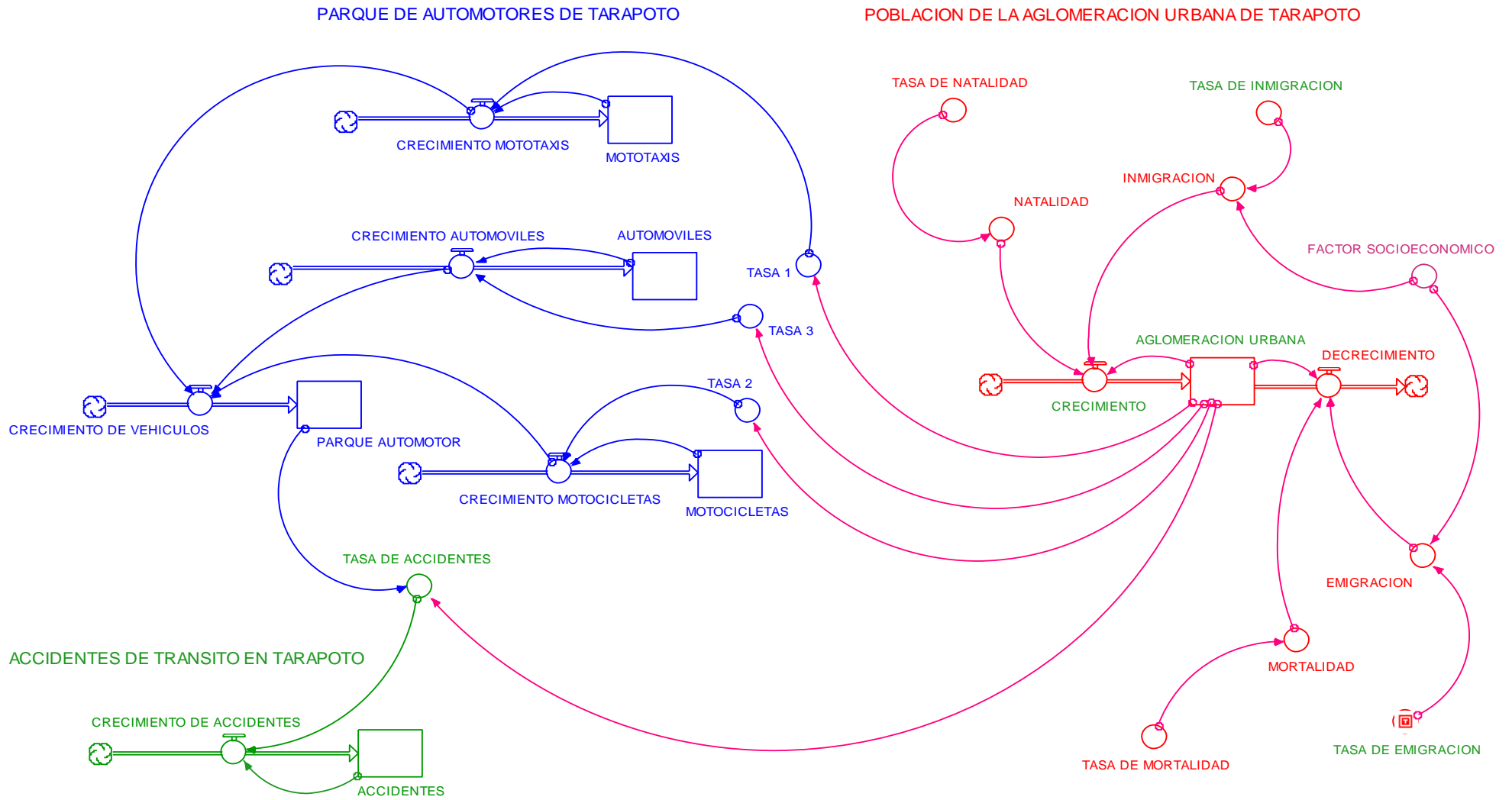


Figura N° 21: Diagrama de crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de Tarapoto, según modelo con estímulo emergente

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

**Ecuaciones del crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de
Tarapoto según modelo con estímulo emergente**

**AGLOMERACION_URBANA(t) = AGLOMERACION_URBANA(t - dt) + (CRECIMIENTO
- DECRECIMIENTO) * dt**

INIT AGLOMERACION_URBANA = 120 931

INFLOWS:

CRECIMIENTO = (INMIGRACION+NATALIDAD)*AGLOMERACION_URBANA)

OUTFLOWS:

DECRECIMIENTO = AGLOMERACION_URBANA*(MORTALIDAD+EMIGRACION)

MORTALIDAD = TASA_DE_MORTALIDAD-((TIME/(TIME+1.29))*0.01)

NATALIDAD = TASA_DE_NATALIDAD-((TIME/(TIME+1.29))*0.01)

EMIGRACION =

**TASA_DE_EMIGRACION+TASA_DE_EMIGRACION+((TIME/(TIME+1.29))*(0.05-
FACTOR_SOCIOECONOMICO))**

INMIGRACION =

TASA_DE_INMIGRACION+((TIME/(TIME+1.29))*(0.05+FACTOR_SOCIOECONOMICO))

**FACTOR_SOCIOECONOMICO = IF(TIME>=11) THEN ((-1/((TIME*1.055)-TIME))*0.055)
+(MONTECARLO(90)/(TIME+1))*0.161803 ELSE 0.001**

TASA_1 = (120931/(3.5*AGLOMERACION_URBANA))*0.18

TASA_2 = (120931/(2.8*AGLOMERACION_URBANA))*0.4

TASA_3 = (120931/(2.8*AGLOMERACION_URBANA))*0.2

TASA_DE_EMIGRACION = 0.0102+ 0.0033/(TIME+1)

$$\text{TASA_DE_INMIGRACION} = 0.0251 + 0.0033 / (\text{TIME} + 1)$$

$$\text{TASA_DE_MORTALIDAD} = 0.0067$$

$$\text{TASA_DE_NATALIDAD} = 0.0331$$

$$\text{ACCIDENTES}(t) = \text{ACCIDENTES}(t - dt) + (\text{CRECIMIENTO_DE_ACCIDENTES}) * dt$$

$$\text{INIT ACCIDENTES} = 604$$

INFLOWS:

$$\text{CRECIMIENTO_DE_ACCIDENTES} = \text{ACCIDENTES} * \text{TASA_DE_ACCIDENTES}$$

$$\text{TASA_DE_ACCIDENTES} = (129391 / (3.5 * \text{AGLOMERACION_URBANA})) - (28000 / (3.5 * \text{PARQUE_AUTOMOTOR}))$$

$$\text{PARQUE_AUTOMOTOR}(t) = \text{PARQUE_AUTOMOTOR}(t - dt) + (\text{CRECIMIENTO_DE_VEHICULOS}) * dt$$

$$\text{INIT PARQUE_AUTOMOTOR} = \text{MOTOCICLETAS} + \text{MOTOTAXIS} + \text{AUTOMOVILES}$$

INFLOWS:

$$\text{CRECIMIENTO_DE_VEHICULOS} = \text{CRECIMIENTO_MOTOCICLETAS} + \text{CRECIMIENTO_MOTOTAXIS} + \text{CRECIMIENTO_AUTOMOVILES}$$

$$\text{AUTOMOVILES}(t) = \text{AUTOMOVILES}(t - dt) + (\text{CRECIMIENTO_AUTOMOVILES}) * dt$$

$$\text{INIT AUTOMOVILES} = 4000$$

INFLOWS:

$$\text{CRECIMIENTO_AUTOMOVILES} = \text{AUTOMOVILES} * \text{TASA_3}$$

$$\text{MOTOCICLETAS}(t) = \text{MOTOCICLETAS}(t - dt) + (\text{CRECIMIENTO_MOTOCICLETAS}) * dt$$

$$\text{INIT MOTOCICLETAS} = 9000$$

INFLOWS:

$$\text{CRECIMIENTO_MOTOCICLETAS} = \text{MOTOCICLETAS} * \text{TASA_2}$$

$$\text{MOTOTAXIS}(t) = \text{MOTOTAXIS}(t - dt) + (\text{CRECIMIENTO_MOTOTAXIS}) * dt$$

$$\text{INIT MOTOTAXIS} = 15000$$

INFLOWS:

$$\text{CRECIMIENTO_MOTOTAXIS} = \text{MOTOTAXIS} * \text{TASA_1}$$

Tabla 18: Proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=-1$.

Años	Población de Aglomeración Urbana
2007	120 890
2008	124 800
2009	129 000
2010	133 303
2011	137 814
2012	142 450
2013	147 218
2014	152 219
2015	157 352
2016	162 663
2017	168 150
2018	173 838
2019	175 177
2020	176 825

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

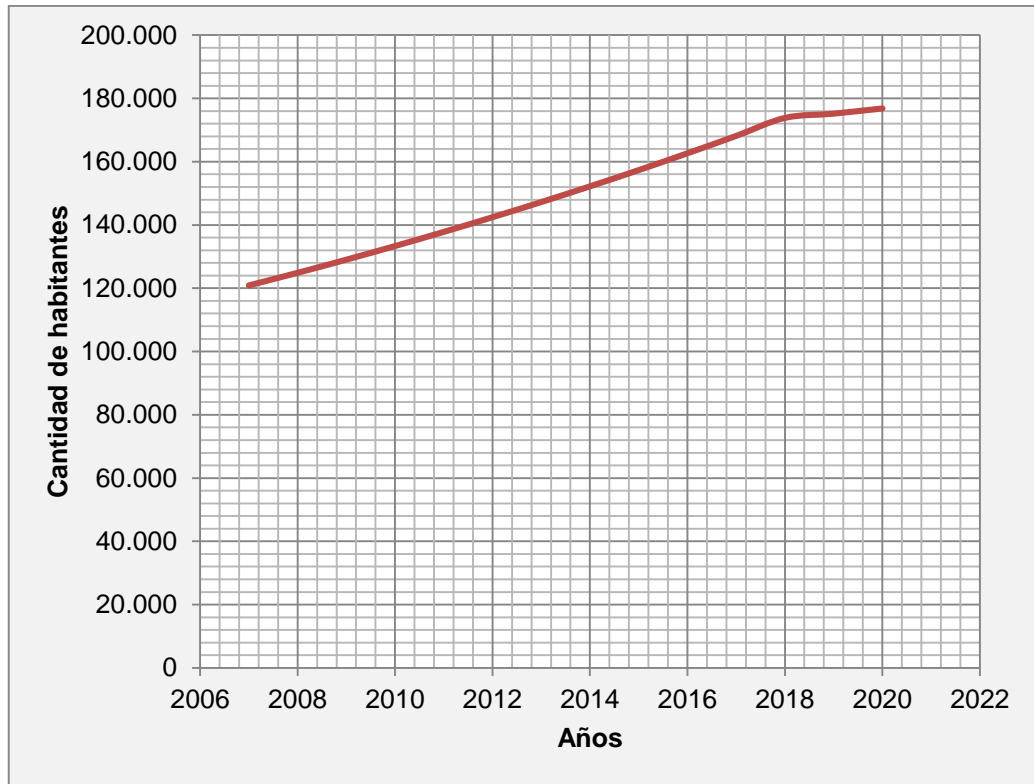


Figura N° 22: Gráfico de proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=-1$.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

En la tabla N° 18 podemos observar que el crecimiento poblacional de la aglomeración urbana de Tarapoto llega hacia el año 2020, con 176 825 habitantes, según la simulación, cuando las condiciones son de estancamiento económico, o sea el factor -1 hace que para cada unidad de tiempo progresivo no haya el incremento proporcional esperado de crecimiento económico, y esto a la vez, también repercute en la tasa de inmigración esperada, en la misma proporción que crecería con un estímulo $f=1$, la aleatoriedad de este factor está determinado por la función de Montecarlo.

Tabla 19: Proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=+1$.

Años	Población de Aglomeración Urbana
2007	120 931
2008	124 906
2009	129 055
2010	133 366
2011	137 835
2012	142 465
2013	147 258
2014	152 219
2015	157 352
2016	162 663
2017	168 156
2018	177 955
2019	187 974
2020	198 236

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

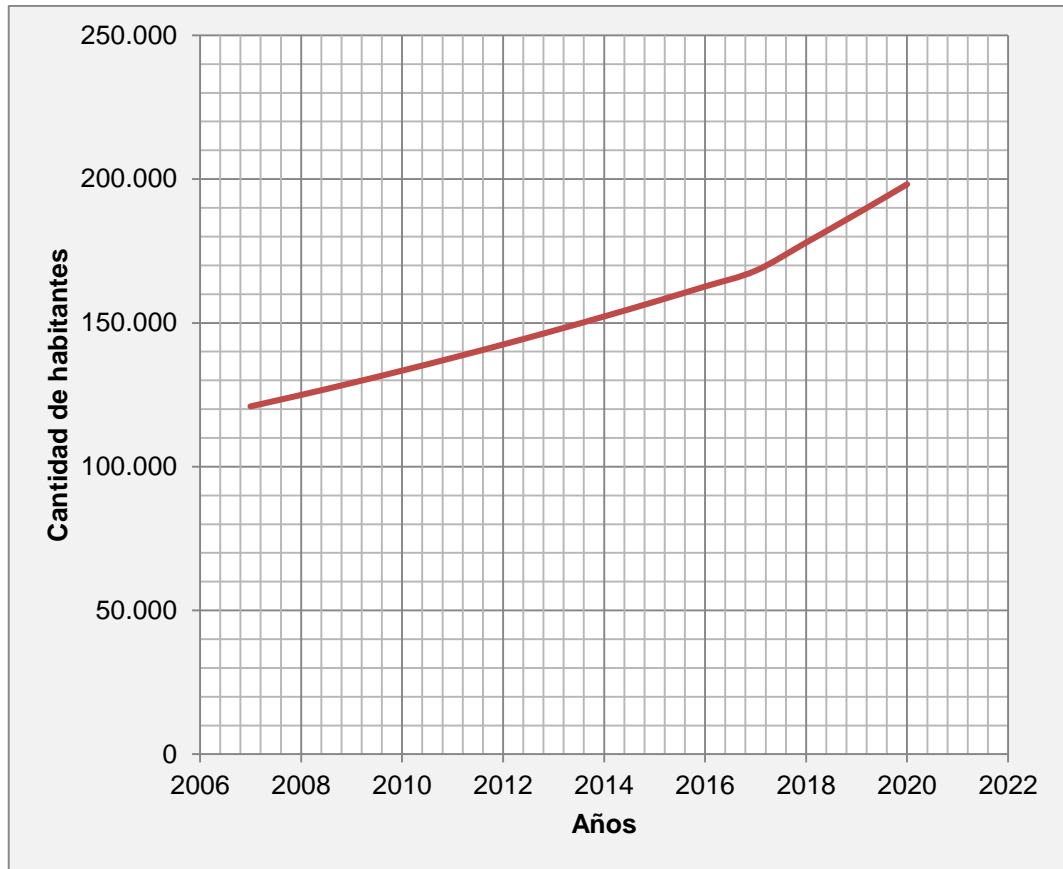


Figura N° 23: Gráfico de proyección de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 con $f=+1$.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Cuando el factor $f=1$, la población de la aglomeración urbana de Tarapoto hacia el año 2020, será de 198 236 habitantes, porque hay un estímulo creciente y tendiente que afecta la tasa de inmigración haciendo que más gente venga a Tarapoto por el factor socioeconómico positivo.

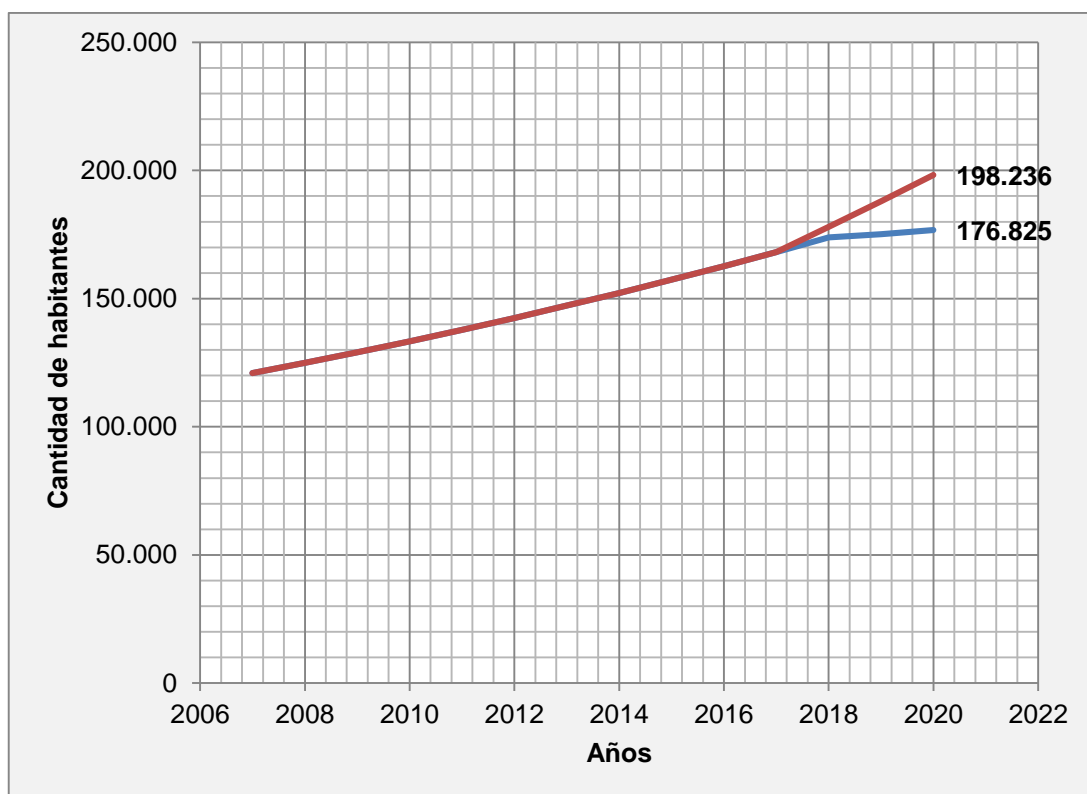


Figura N° 24: Gráfico comparativo de la población de la aglomeración urbana de Tarapoto para el año 2007-2020 entre valores +1 y -1 de f.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Como podemos observar en la figura N° 24, la diferencia de población final de acuerdo a los estímulos aplicados de $f=-1$ y $f=1$, es de 21 411 habitantes, que es una cantidad significativa.

También podemos observar en el gráfico que la tendencia empieza hacer marcada para ambos casos a partir del año 2017. Según la perturbación del factor socio-económico con cierto grado de incertidumbre.

C) Crecimiento de Vehículos según modelo emergente

Tabla N° 20: Proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=1$

Años	Vehículos	Automóviles	Motocicletas	Mototaxis
2011	28 000	4 000	9 000	15 000
2012	29 750	4 320	10 286	15 144
2013	32 262	4 655	11 708	15 899
2014	34 941	5 004	13 276	16 662
2015	37 794	5 366	14 995	17 432
2016	40 841	5 743	16 875	18 223
2017	44 064	6 133	18 921	19 010
2018	47 491	6 558	21 141	19 792
2019	51 148	7 019	23 540	20 589
2020	54 925	7 423	26 125	21 377

Fuente: Elaboración propia con software Stella.

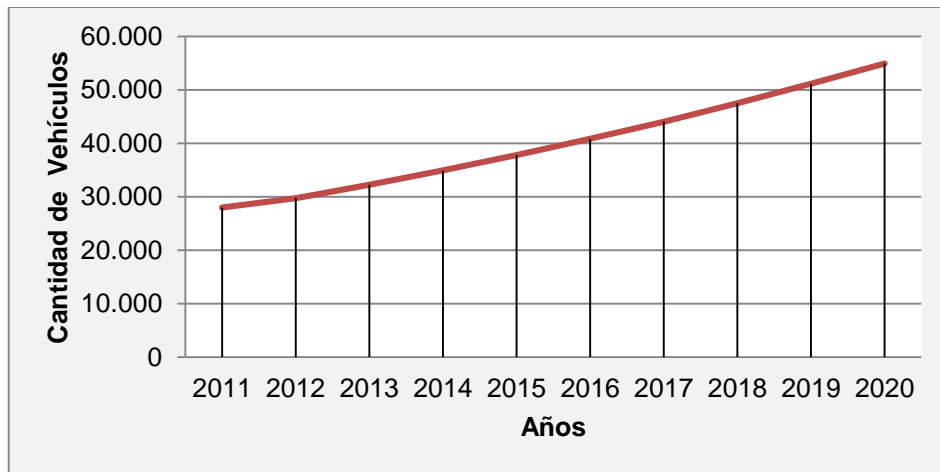


Figura N° 25: Gráfico de proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=1$.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Tabla N° 21: Proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=-1$

Años	Vehículos	Automóviles	Motocicletas	Mototaxis
2011	28 000	4 000	9 000	15 000
2012	29 048	4 115	9 792	15 141
2013	31 307	4 357	11 056	15 894
2014	33 702	4 604	12 437	16 660
2015	36 235	4 857	13 941	17 437
2016	38 911	5 115	15 572	18 224
2017	41 726	5 374	17 334	19 018
2018	44 671	5 637	19 212	19 823
2019	47 736	5 859	21 249	20 628
2020	50 891	6 092	23 353	21 446

Fuente: Elaboración propia con software Stella.

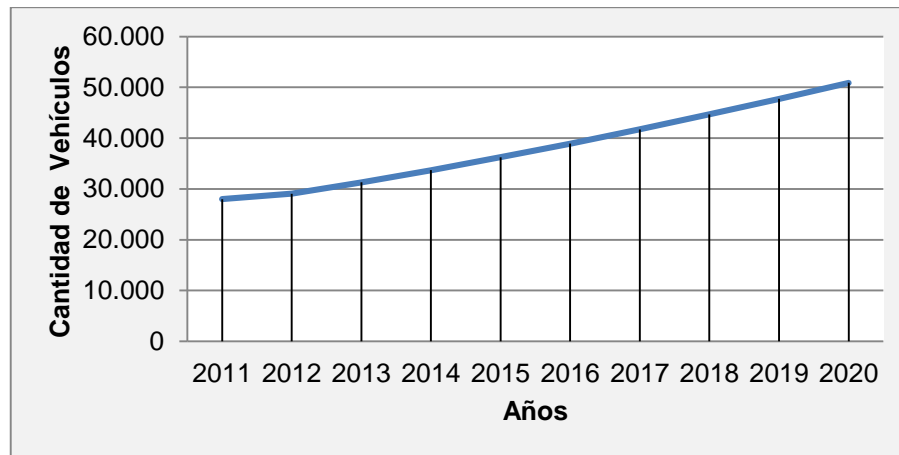


Figura N° 26: Gráfico de proyección de crecimiento de vehículos 2011-2020 cuando $f=-1$.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

En el crecimiento de vehículos, hacia el año 2020 se observa que la diferencia es mayor a 4000 unidades en ambos casos de estímulo con el factor socio-económico.

D) Crecimiento de accidentes de tránsito según modelo emergente

Tabla N° 22: Proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=-1$

Años	Accidentes
2011	604
2012	616
2013	633
2014	653
2015	676
2016	702
2017	729
2018	759
2019	790
2020	822

Fuente: Elaboración propio con software Stella.

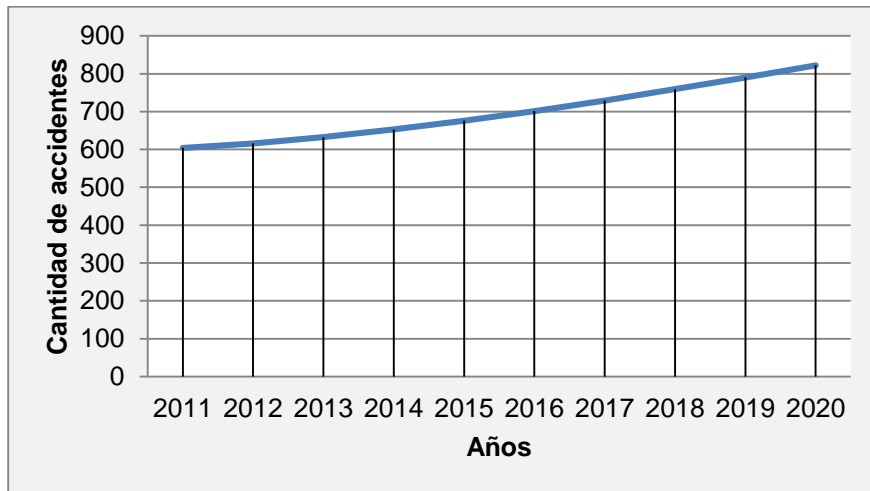


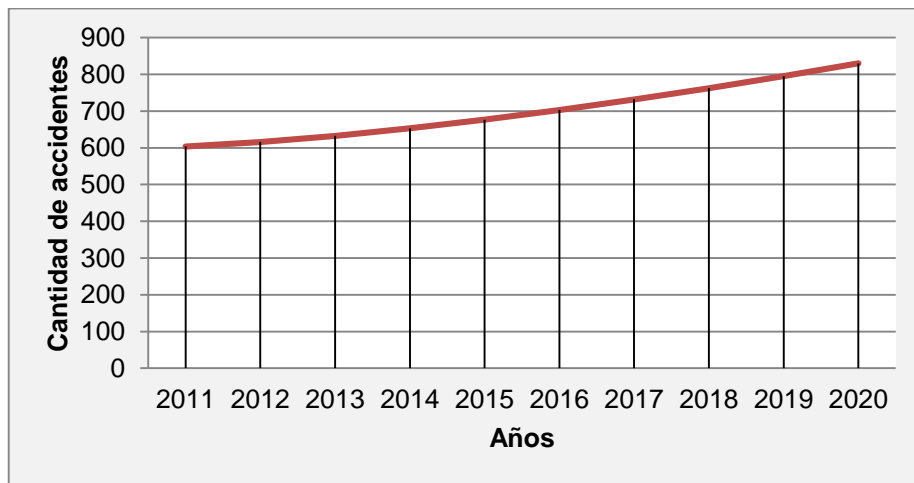
Figura N° 27: Gráfico de proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=-1$

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

Tabla N° 23: Proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=1$

Años	Accidentes
2011	604
2012	616
2013	633
2014	653
2015	677
2016	703
2017	732
2018	762
2019	795
2020	830

Fuente: Elaboración propia con software Stella.

**Figura N° 28: Gráfico de proyección de accidentes 2011-2020 cuando $f=1$**

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

En el caso de la proyección de accidentes que se ha simulado, vemos que la diferencia es muy pequeña cuando se aplica el estímulo del factor socio-económico.

E) Modelo de tráfico de vehículos basado en agentes

Para evaluar el tráfico con un modelo basado en agentes hemos definido como agentes a los vehículos y como elementos de restricción los semáforos, el límite de velocidad y el número de vehículos circulando.

Las reglas que rigieron esta simulación fueron las condiciones iniciales que se tomaron de una muestra de dos puntos céntricos de la aglomeración urbana de Tarapoto (Las intersecciones de los jirones M. Morey y San Martín; Ramón Castilla y Alonso de Alvarado), las mediciones del tráfico duraron 297 segundo y 315 segundos respectivamente.

Los cambios de velocidad en cada agente (vehículo) se establecieron mediante una función del caos del software simulador, en aplicación pre-establecida del Netlogo y cuyo autor es Uri Wilensky.

Las condiciones iniciales en el año 2012:

Restricciones de espacio:

9 cuadras y 16 intersecciones.

Cantidad de vehículos promedio circulando durante un minuto en una sola calle en 3 cuadras:

28.99 vehículos.

Cantidad de semáforos:

3 Semáforos.

Tiempo promedio de cambio de luz de semáforo:

30 segundos.

Velocidad máxima permitida:

55Km/h.



Figura N° 29: Gráfico de la intersección Jr. M. Morey y Jr. San Martín, donde se midió el tráfico de vehículos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°29, observamos el punto donde se realizó las mediciones, en la intersección de los jirones Manuela Morey San Martín, en la parte céntrica de Tarapoto.

Tabla N° 24: Medición del tráfico en la intersección Jr. M. Morey y Jr. San Martín.

Tiempo (segundos)	Mototaxis	Automóviles	Motocicletas	Total
33	7	2	8	17
33	6	3	5	14
33	5	1	4	10
33	7	4	6	17
33	6	2	4	12
33	5	4	7	16
33	9	3	6	18
33	7	4	8	19
33	5	2	6	13
297	57	25	54	136

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 24, observamos las mediciones hechas respecto al tráfico en la intersección de los jirones Manuela Morey y San Martín, se hicieron 9 mediciones por cada cambio de luz del semáforo, la duración para cada medida fue de 33 segundos. En total se midió el tráfico durante 297 segundos, y se encontró que en ese transcurso de tiempo circularon 57 mototaxis, 25 vehículos mayores y 54 motocicletas.

El nivel de tráfico es de 27.52 vehículos/minuto. O sea, por cada minuto transitan 27.52 vehículos motorizados. A las 12: 00 horas.

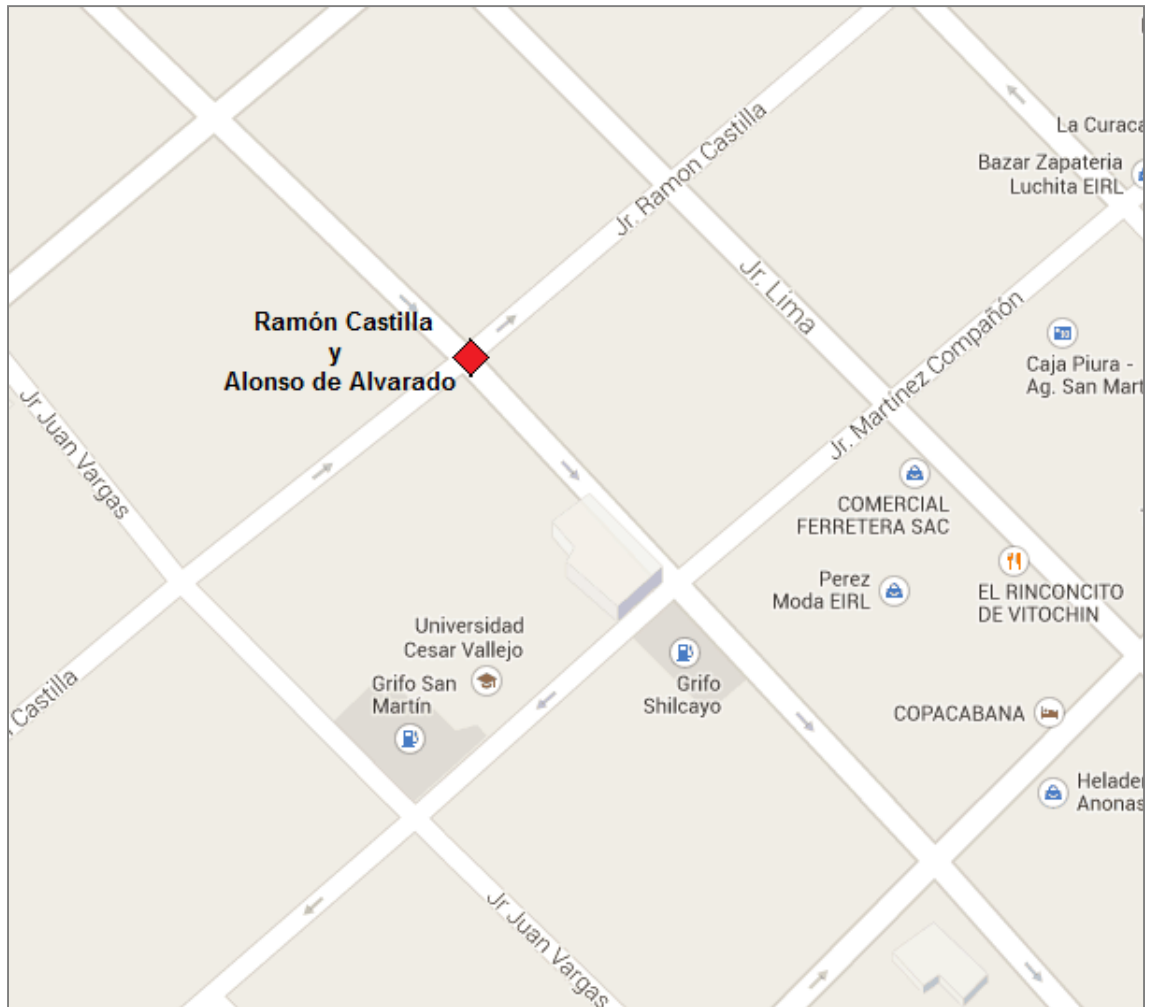


Figura N° 30 Gráfico de la intersección Jr. Ramón Castilla y Jr. Alonso de Alvarado, donde se midió el tráfico de vehículos.

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

En la figura N°30, observamos el punto donde se realizó las mediciones, en la intersección de los jirones Ramón Castilla y Alonso de Alvarado, en la parte céntrica de Tarapoto.

Tabla N° 25: Medición del tráfico en la intersección Jr. M. Morey y Jr. San Martín.

Tiempo (segundos)	Mototaxis	Automóviles	Motocicletas	Total
35	9	3	10	22
35	7	2	8	17
35	10	1	7	18
35	9	4	9	22
35	7	2	7	16
35	6	1	9	16
35	9	3	6	18
35	6	0	5	11
35	8	4	8	20
315	71	20	69	160

Fuente: Elaboración propia en software Stella.

En la tabla N° 25, observamos las mediciones hechas respecto al tráfico en la intersección de los jirones Ramón Castilla y Alonso de Alvarado, se hicieron 9 mediciones por cada cambio de luz del semáforo, la duración para cada medida fue de 35 segundo. En total se midió el tráfico durante 315 segundos, y se encontró que en ese transcurso de tiempo circularon 71 mototaxis, 20 vehículos mayores y 69 motocicletas.

El nivel de tráfico es de 30.45 vehículos/minuto. O sea, por cada minuto transitan 30.45 vehículos motorizados. A las 12: 00 horas.

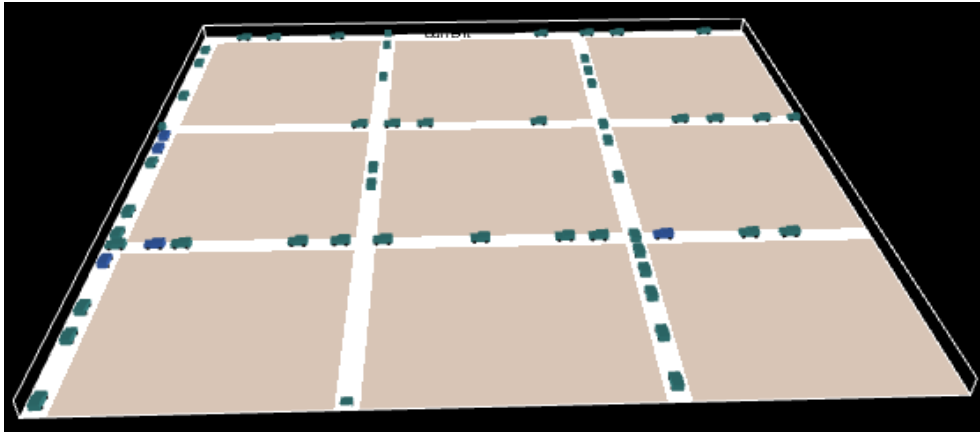


Figura N° 31: Gráfico de la simulación del tráfico de vehículos con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 31, observamos la interfaz 3D de simulación del tráfico en el centro de Tarapoto, en el 2012.

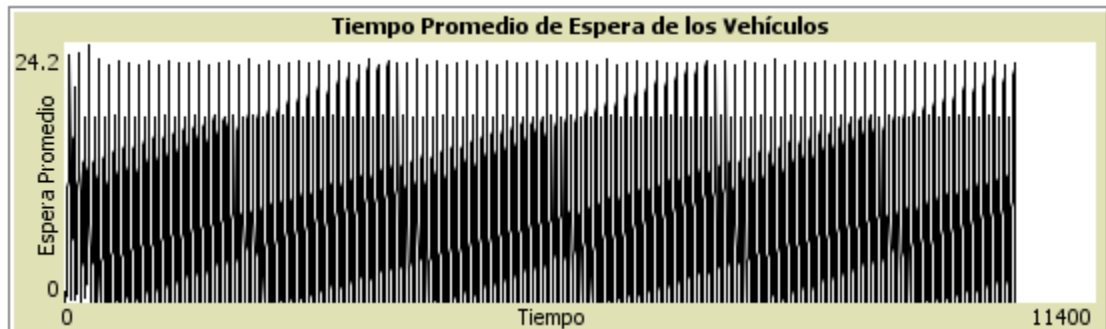


Figura N° 32: Gráfico del tiempo promedio de espera de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 32 observamos, la gráfica de una simulación del tráfico 3 horas 3 minutos y 18 segundos en el centro de Tarapoto, se obtuvo que el tiempo de espera de los vehículos es 9.22 segundos, en el 2012.



Figura N° 33: Gráfico de la velocidad media de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 33, observamos la gráfica de la simulación de la velocidad media, durante 3 horas 3 minutos y 18 segundos, se obtuvo que la velocidad media de los vehículos es de 25.32 Km/h. En el 2012.

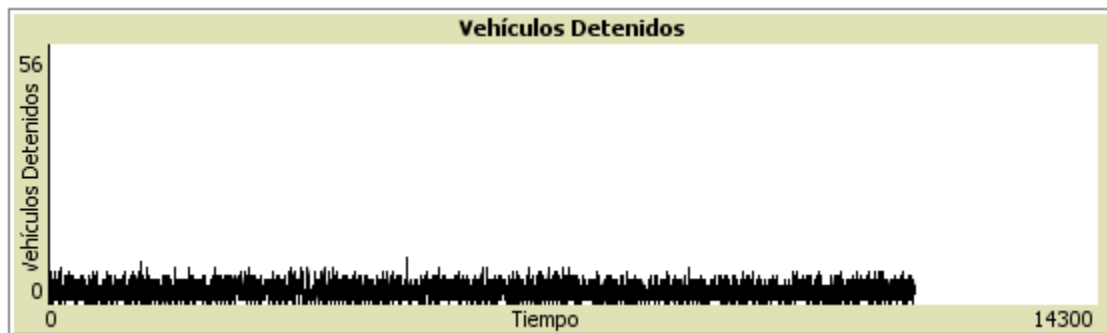


Figura N° 34: Gráfico de vehículos detenidos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 34, observamos la gráfica de la simulación los vehículos detenidos, se ha obtenido que se detienen 0.5 vehículos cada segundo.



Figura N° 35: Gráfico de la simulación del tráfico de vehículos con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 35, observamos la interfaz 3D de simulación del tráfico en el centro de Tarapoto, para el año 2020.

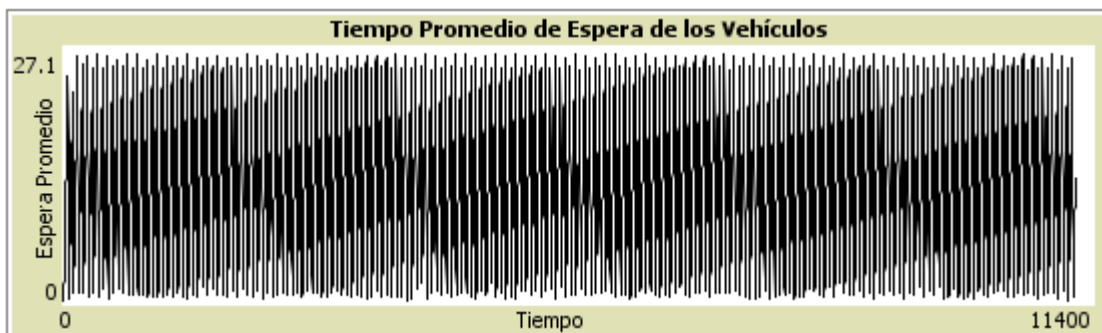


Figura N° 36: Gráfico del tiempo promedio de espera de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 36 observamos, la gráfica de una simulación del tráfico 3 horas 7 minutos y 20 segundos en el centro de Tarapoto para el año 2020, se obtuvo que el tiempo de espera de los vehículos es 15.75 segundos.



Figura N° 37: Gráfico de la velocidad media de los vehículos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 37, observamos la gráfica de la simulación de la velocidad media, durante 3 horas 7 minutos y 20 segundos para el año 2020, se obtuvo que la velocidad media de los vehículos es de 20.50 Km/h.



Figura N° 38: Gráfico de vehículos detenidos en la simulación del tráfico de urbano con Netlogo en 16 intersecciones del centro de Tarapoto en el año 2020.

Fuente: Elaboración propia en software Netlogo.

En la figura N° 38, observamos la gráfica de la simulación los vehículos detenidos, se ha obtenido que se detienen 1 vehículo cada segundo.

4.2. Resultados de análisis de malestar social

Los resultados del análisis de malestar social que para nuestra investigación, están restringidos sólo al nivel de satisfacción de costos de servicios de STU y la tasa de incidencia de accidentes de tránsito, por ello, se realizaron correlaciones causales entre precio de gasolina y costo de pasaje, ingreso promedio per cápita y costo de pasaje, entre cantidad de vehículos y cantidad de accidentes.

A) Percepción independiente sobre la incidencia de accidentes de tránsito y costo de pasajes.

Tabla N°26: Preguntas sobre la incidencia de accidentes de tránsito y el costo del pasaje.

Pregunta	SI	NO
¿Los accidentes de tránsito le preocupan y le causan inseguridad frecuentemente?	59.00%	41.00%
¿Los precios de los pasajes en mototaxi le parecen excesivos en relación a su costo de vida?	87.00%	13.00%

Fuente: Elaboración propia.

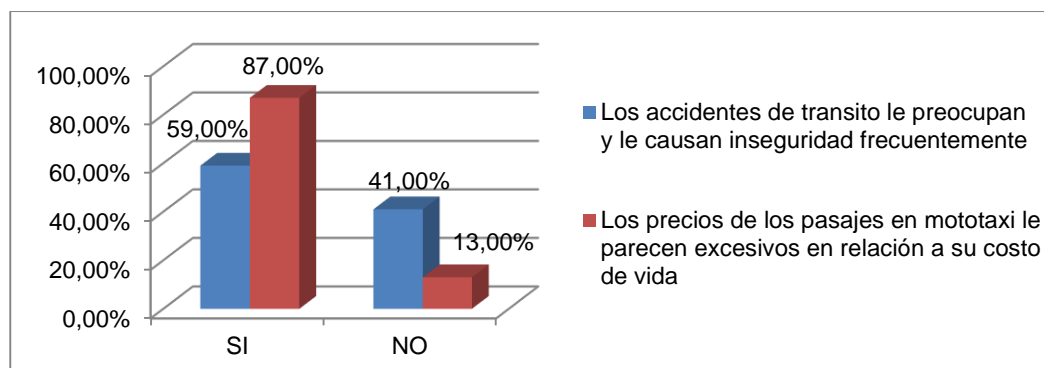


Figura N° 39: Gráfico de la percepción sobre la incidencia de accidentes de tránsito y el costo del pasaje.

Fuente: Elaboración propia.

B) Análisis correlacional entre precio de gasolina y precio de pasaje.

Se realizó el análisis correlacional del precio de gasolina y precio del pasaje por semestre en Tarapoto, desde el 2010 hasta el 2020; a partir del segundo semestre del 2013, los precios de gasolina y pasaje son proyectados.

**Tabla N°27: Precios de galón de gasolina y costos de pasajes
2010-2020**

Año	Precio por galón en S/.	Pasaje S/.
2010-S1	7.33	2.50
2010-S2	8.25	2.65
2011-S1	11.77	2.81
2011-S2	12.55	2.99
2012-S1	12.45	3.17
2012-S2	12.75	3.36
2013-S1	13.65	3.57
2013-S2	14.702	3.78
2014-S1	15.754	4.01
2014-S2	16.806	4.26
2015-S1	17.858	4.52
2015-S2	18.91	4.80
2016-S1	19.962	5.09
2016-S2	21.014	5.40
2017-S1	22.066	5.73
2017-S2	23.118	6.08
2018-S1	24.17	6.45
2018-S2	25.222	6.84
2019-S1	26.274	7.26
2019-S2	27.326	7.70
2020-S1	28.378	8.17
2020-S2	29.43	8.67

Fuente: Elaboración propia y Osinerg (<http://www2.osinerg.gob.pe/>)

Tabla N° 28: Correlación entre precio de la gasolina y precio de pasajes.

		Correlaciones			
		PG	PG		
PG	Correlación de Pearson	1	,987**		
	Sig. (bilateral)		,000		
	N	21	21		
	Bootstrap ^b	Sesgo	0	,001	
		Error estándar	0	,005	
		Intervalo de confianza a 95%	Inferior	1	,979
			Superior	1	,998
PG	Correlación de Pearson	,987**	1		
	Sig. (bilateral)	,000			
	N	21	21		
	Bootstrap ^b	Sesgo	,001	0	
		Error estándar	,005	0	
		Intervalo de confianza a 95%	Inferior	,979	1
			Superior	,998	1

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

b. A menos que se indique lo contrario, los resultados del bootstrap se basan en 90 muestras de bootstrap.

Fuente: Elaboración propia en software SPSS.

En la tabla N° 28, observamos los resultados del análisis de correlación mediante el coeficiente r de Pearson, el valor r obtenido es 0.987, quiere decir que existe una fuerte correlación entre precio de gasolina y precio de pasajes en mototaxi.

Prueba de hipótesis con la correlación r de Pearson y distribución T-Student

$H_0: \rho=0$ (No existe correlación lineal)

$H_1: \rho \neq 0$ (Si existe correlación lineal)

$\alpha = 0.05$

$T_{0.05} = 1.73$

$T_c = 26$

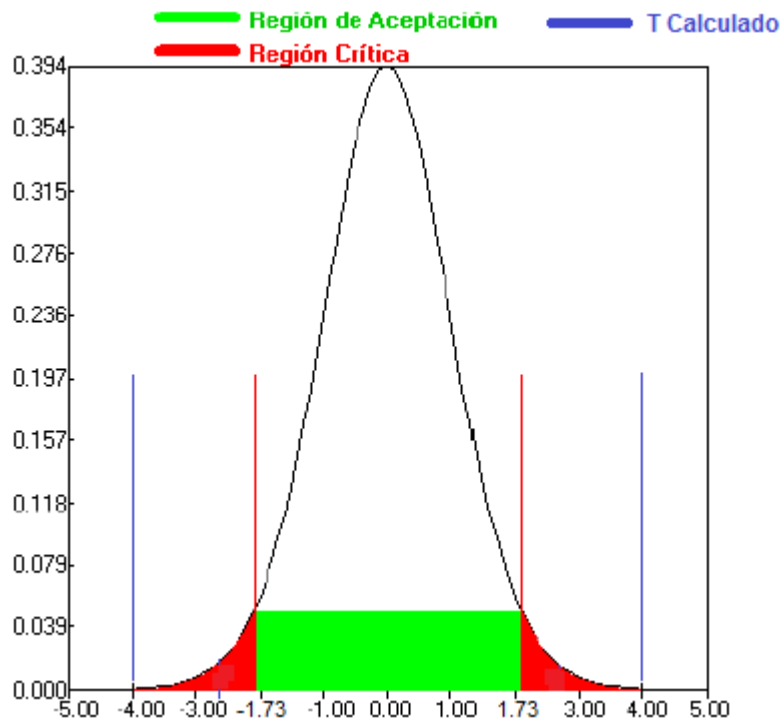


Figura N° 40: Gráfica de prueba de hipótesis con dos colas para

$$T_{0.05} = 1.73$$

Fuente: Elaboración propia en software SPSS.

La figura N° 40 muestra que el T calculado está dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula, con un valor de 26, que se ajusta a 4 y -4, por la significancia de éste. Queda demostrado que existe una significativa correlación lineal entre precio de gasolina y precio de pasaje.

C) Análisis correlacional entre Ingreso promedio Per cápita y precio de pasajes.

Se realizó el análisis correlacional entre ingreso promedio per cápita y precio del pasaje en Tarapoto, desde el 2008 hasta el 2020; a partir del año 2012, los ingresos promedio per cápita y precio de pasaje son proyectados.

Tabla N° 29: Ingreso promedio Per cápita y costos de pasajes en los años 2008-2020

Año	Ingreso Promedio Pércapita (S/.)	Precio Pasaje (S/.)
2008	525	2.05
2009	528	2.30
2010	608	2.58
2011	645	2.89
2012	677	3.58
2013	711	4.01
2014	747	4.58
2015	784	5.13
2016	823	5.58
2017	864	6.26
2018	908	6.58
2019	953	7.38
2020	1001	8.48

Fuente: INEI-ENAH0 2011.

Tabla N° 30: Correlación entre Ingreso promedio Per cápita y precio de pasajes.

		Correlaciones		
		Ingreso_promedio _per cápita	Precio_pasajes	
Ingreso_promedio _per cápita	Correlación de Pearson	1	,992**	
	Sig. (bilateral)		,000	
	N	13	13	
	Bootstrap ^b	Sesgo	0	,001
		Error estándar	0	,004
		Intervalo de confianza a 95%	Inferior Superior	1 1
Precio_pasajes	Correlación de Pearson	,992**	1	
	Sig. (bilateral)	,000		
	N	13	13	
	Bootstrap ^b	Sesgo	,001	0
		Error estándar	,004	0
		Intervalo de confianza a 95%	Inferior Superior	,984 ,998

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

b. A menos que se indique lo contrario, los resultados del bootstrap se basan en 96 muestras de bootstrap

Fuente: Elaboración propia en software SPSS.

En la tabla N° 30, observamos los resultados del análisis de correlación mediante el coeficiente r de Pearson, el valor r obtenido es 0.992, quiere decir que existe una fuerte correlación y casi perfecta entre ingreso promedio per cápita y precio de pasajes en mototaxi.

Prueba de hipótesis con la correlación r de Pearson y distribución T-Student

$H_0: \rho=0$ (No existe correlación lineal)

$H_1: \rho \neq 0$ (Si existe correlación lineal)

$\alpha = 0.05$

$T_{0.05} = 1.80$

$T_c = 27$

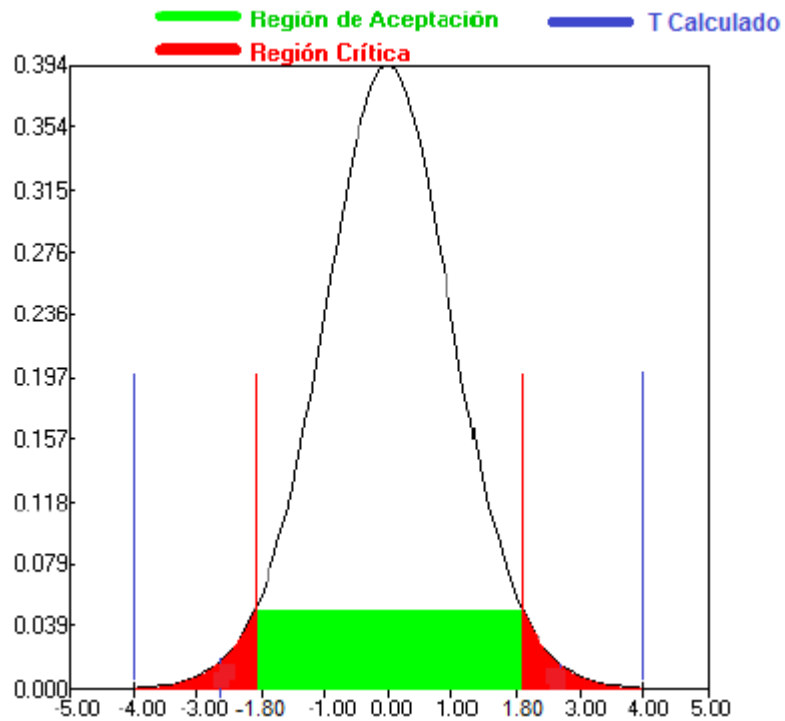


Figura N° 41: Gráfica de prueba de hipótesis con dos colas para

$T_{0.05} = 1.80$

Fuente: Elaboración propia en software SPSS.

La figura N° 41 muestra que el T calculado está dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula, con un valor de 27, que se ajusta a 4 y -4, por la significancia de éste. Queda demostrado que existe una significativa correlación lineal entre ingreso promedio per cápita y precio de pasaje.

D) Análisis correlacional entre cantidad de vehículos y cantidad de accidentes.

Se realizó el análisis correlacional entre cantidad de vehículos y cantidad de accidentes, desde el año 2011 hasta el 2020; a partir del año 2013, la cantidad de vehículos y accidentes son proyectados.

Tabla N° 31: Cantidad de vehículos y accidentes años 2011-2020

Año	Vehículos	Accidentes
2011	28 000	604
2012	29 750	616
2013	32 262	633
2014	34 941	653
2015	37 794	677
2016	40 841	703
2017	44 064	732
2018	47 491	762
2019	51 148	795
2020	54 925	830

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 32: Correlación entre cantidad de vehículos y cantidad de accidentes.

Correlaciones				Vehículos	Accidentes	
Vehículos	Correlación de Pearson			1	,999**	
	Sig. (bilateral)				,000	
	N			10	10	
	Bootstrap ^b	Sesgo			0	,000
		Error estándar			0	,000
	Intervalo de confianza a 95%		Inferior	1	,998	
			Superior	1	1,000	
Accidentes	Correlación de Pearson			,999**	1	
	Sig. (bilateral)			,000		
	N			10	10	
	Bootstrap ^b	Sesgo			,000	0
		Error estándar			,000	0
	Intervalo de confianza a 95%		Inferior	,998	1	
			Superior	1,000	1	

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

b. A menos que se indique lo contrario, los resultados del bootstrap se basan en 90 muestras de bootstrap

Fuente: Elaboración propia en software SPSS.

En la tabla N° 32, observamos los resultados del análisis de correlación mediante el coeficiente r de Pearson, el valor r obtenido es 0.999, quiere decir que existe una fuerte correlación y casi perfecta entre cantidad de vehículos y accidentes.

Prueba de hipótesis con la correlación r de Pearson y distribución T-Student

$H_0: \rho=0$ (No existe correlación lineal)

$H_1: \rho \neq 0$ (Si existe correlación lineal)

$\alpha = 0.05$

$T_{0.05} = 1.86$

$T_c = 68$

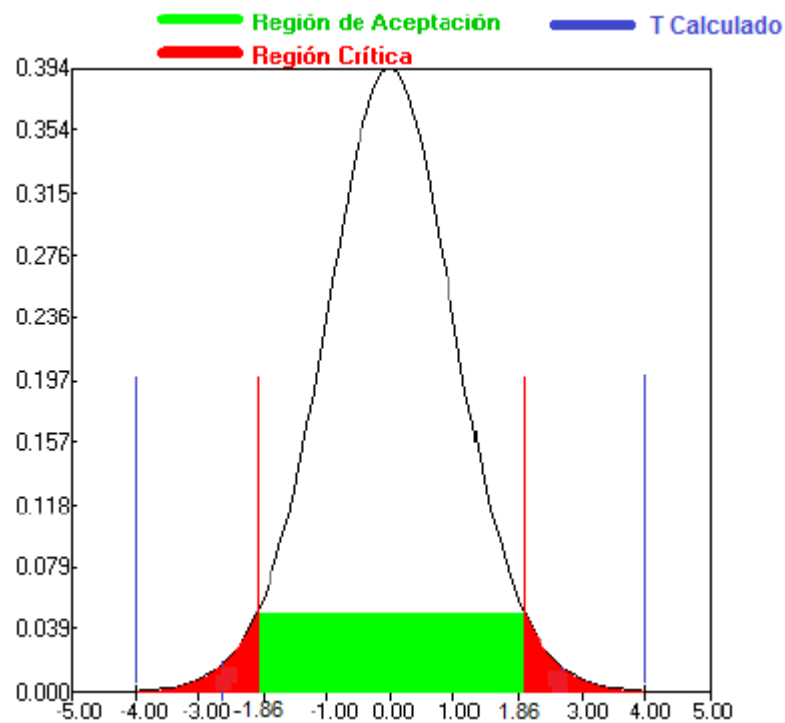


Figura N° 42: Gráfica de prueba de hipótesis con dos colas para $T_{0.05} = 1.86$

Fuente: Elaboración propia en software SPSS.

La figura N° 42 muestra que el T calculado está dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula, con un valor de 68, que se ajusta a 4 y -4, Queda demostrado que existe una significativa correlación lineal entre cantidad de vehículos y accidentes.

4.3. Modelamiento para rutas y unidades móviles de transporte público

Este modelo para rutas y unidades móviles presentado es una propuesta básica que se aproxima a una visión de transporte público ideal. En este modelo se ha considerado aspectos sobre necesidad de un transporte público, las zonas de principal afluencia de movilidad de personas hacia el centro de Tarapoto, el costo de los pasajes en mototaxi y la reducción de la contaminación que eso significaría.

Consideraciones:

Se ha considerado la percepción sobre el costo del pasaje, que se puede observar en la Tabla N ° 26, donde al 87% de los encuestados les parece excesivo en relación a su costo de vida el precio del pasaje.

También podemos observar en las tablas N° 33 y N° 34, que la mayor cantidad de gente que se moviliza son de las partes céntricas de cada distrito y de las periferias de la Banda de Shilcayo y Morales. Las rutas que se propone en este modelo son 3 rutas, la primera que tiene una longitud de 19 kilómetros con 114 metros, la segunda con una longitud de 16 kilómetros con 170 metros y la tercera con una longitud de 12 kilómetros con 128 metros. Casi todas las rutas tienen el 70% de las vías asfaltadas y al 35% de las calles por donde cubre la ruta se tendría que cambiar el sentido de circulación del tránsito vehicular. Por otro lado, para establecer los precios de los pasajes de este servicio se ha tomado como referencia el precio del combustible y las distancias de recorrido; llegando a establecer que los pasajes serían de dos tipos; el intermedio que costaría 1 nuevo sol; y los interdistritales, 2.5 nuevos soles. El tiempo promedio que usaría para el viaje cada pasajero sería de 9 minutos.

Tabla N° 33: Zonas de donde afluyen las personas sin vehículo que vienen al centro de Tarapoto.

Zonas	Cantidad de procedencia	Porcentaje
Centro de Tarapoto	3	3.13%
Barrio Huayco	2	2.08%
Barrio Comercio	2	2.08%
Fonavi	5	5.21%
Centro de Morales	10	10.42%
Centro de La Banda de Shilcayo	13	13.54%
Aviación	0	0.00%
Punta del Este	3	3.13%
La Hoyada	1	1.04%
Circunvalación Tarapoto	2	2.08%
Atupampa	6	6.25%
Circunvalación Cumbaza	3	3.13%
Tarapotillo	0	0.00%
Nueve de Abril	4	4.17%
La Planicie	2	2.08%
La Molina	11	11.46%
Satélite	12	12.50%
La Victoria	3	3.13%
Nueva Venecia	0	0.00%
Las Flores	2	2.08%
San Juan	5	5.21%
Dos de Febrero	7	7.29%
Total	96	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 33, observamos que de las personas sin vehículo que vienen al centro de Tarapoto son mayormente de las zonas de centro de la Banda de Shilcayo, Satélite, centro de Morales, La Molina, San Juan, Atupampa y Fonavi.

Tabla N° 34: Zonas de donde afluyen las personas con vehículo que vienen al centro de Tarapoto.

Zonas	Cantidad de procedencia	Porcentaje
Centro de Tarapoto	5	5.56%
Barrio Huayco	3	3.33%
Barrio Comercio	0	0.00%
Fonavi	4	4.44%
Centro de Morales	11	12.22%
Centro de La Banda de Shilcayo	12	13.33%
Aviación	0	0.00%
Punta del Este	3	3.33%
La Hoyada	0	0.00%
Circunvalación Tarapoto	2	2.22%
Atupampa	5	5.56%
Circunvalación Cumbaza	3	3.33%
Tarapotillo	0	0.00%
Nueve de Abril	4	4.44%
La Planicie	2	2.22%
La Molina	9	10.00%
Satélite	8	8.89%
La Victoria	4	4.44%
Nueva Venecia	0	0.00%
Las Flores	3	3.33%
San Juan	5	5.56%
Dos de Febrero	7	7.78%
Total	90	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 34, observamos que de las personas con vehículo que vienen al centro de Tarapoto son mayormente de las zonas de centro de la Banda de Shilcayo, centro de Morales y La Molina.

Ruta 1 (circulación en sentido horario)

La ruta N° 01 deberá ser de circulación en sentido horario de oeste a este a largo de 7 km. Lineales entre Morales, Tarapoto y la Banda de Shilcayo, la longitud de esta ruta es de 19 kilómetros con 114 metros, tiene un impacto efectivo de 8.6 Km² en el área de la aglomeración urbana. El punto de partida y llegada es la carretera Fernando Belaunde de Terry en la entrada norte a Morales.

Esta ruta de transporte público de pasajeros deberá tener un aproximado de 45 puntos de parada (paraderos) y un promedio de 15 segundos de parada por cada punto. Y un total de 20 minutos en paradas por recojo de pasajeros y cambio de luz de semáforos. El tiempo medio aproximado de recorrido de toda la ruta es de 48 minutos, y la velocidad promedio es de 38Km/h.

La cantidad ideal de vehículos debe ser de 11 unidades, cada una de con capacidad de 25 pasajeros. Las zonas conectadas serían: La planicie, centro de Morales, Fonavi, Ciudad universitaria, Nueve de Abril, Barrio el Comercio, Centro de Tarapoto, Centro de la Banda de Shilcayo, La Molina, La Victoria, Nueva Venecia, La Flores, San Juan y Dos de Febrero. (Véase figura N° 13).

Calles que se recorre en la ruta N° 01:

- Carretera F.B.T entrada a Morales.
- Av. Perú (Morales)
- Av. Salaverry (Morales)
- Jr. Micaela Bastidas (Tarapoto)
- Jr. Orellana (Tarapoto)
- Jr. Shapaja (Tarapoto)
- Av. Jiménez Pimentel (Tarapoto)

- Vía de Malecón (Tarapoto-Bda. Shilcayo)
- Jr. San Martín (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Progreso (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Venecia (Bda. De Shilcayo)
- Av. La molina (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Los Zorritos (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Venecia (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Los Laureles (Bda. De Shilcayo)
- Jr. A. Cáceres (Bda. De Shilcayo)
- Jr. San Martín (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Atahualpa (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Las Palmeras (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Ramón Castilla (Bda. De Shilcayo)
- Jr. C. Alberto Leveau (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Santa Inés (Tarapoto)
- Jr. Jorge Chávez (Tarapoto)
- Jr. Cabo Alberto Leveau (Tarapoto)
- Jr. Ricardo Palma (Tarapoto)
- Jr. Libertad (Tarapoto)
- Av. Alfonso Ugarte (Tarapoto)
- Jr. Los Rosales (Tarapoto)
- Jr. 9 de Abril (Tarapoto)
- Jr. Francisco Pizarro (Morales)
- Jr. San Martín (Morales)

Ruta 2 (circulación en sentido horario)

La ruta N° 02 deberá ser de circulación en sentido horario de suroeste a noroeste a largo de 3.5 km. Lineales entre circunvalación

Cumbaza, y parte alta de Tarapoto, la longitud de esta ruta es de 16 kilómetros con 170 metros, tiene un impacto efectivo de 6,5 Km² en el área de la aglomeración urbana. El punto de partida y llegada es la circunvalación Cumbaza, cerca el nuevo puente Cumbaza en el distrito de Morales.

Esta ruta de transporte público de pasajeros deberá tener un aproximado de 35 puntos de parada (paraderos) y un promedio de 15 segundos de parada por cada punto. Y un total de 16 minutos en paradas por recojo de pasajeros y cambio de luz de semáforos. El tiempo medio aproximado de recorrido de toda la ruta es de 42 minutos, y la velocidad promedio es de 39Km/h.

La cantidad ideal de vehículos debe ser de 8 unidades, cada una de con capacidad de 25 pasajeros. Las zonas conectadas serían: Circunvalación, Cercado de Tarapoto, La Hoyada, Tarapotillo, Punta del Este y Atupampa (Véase figura N° 13).

Calles que se recorre en la ruta N° 02:

- Av. Circunvalación Cumbaza (Morales)
- Jr. Los Andes (Morales)
- Jr. Santa Inés (Tarapoto)
- Jr. 01 de Mayo (Tarapoto)
- Av. Vía Evitamiento (Tarapoto)
- Av. Alfonso Ugarte (Tarapoto)
- Jr. Sinchi Roca (Tarapoto)
- Jr. Los Rosales (Tarapoto)
- Jr. Andrés Avelino Cáceres (Tarapoto)
- Jr. Daniel A. Carrión (Tarapoto)
- Jr. Camila Morey (Tarapoto)
- Jr. España (Tarapoto)

- Jr. Juan de la Riva (Tarapoto)
- Jr. Perú (Tarapoto)
- Jr. Elías Linares (Tarapoto)
- Jr. Bolognesi (Tarapoto)
- Jr. Augusto Benavides Leguía (Tarapoto)
- Av. El Ejercito (Morales)
- Av. Circunvalación (Tarapoto)
- Jr. Alegría Áreas de Morey (Tarapoto)
- Jr. Manuela Morey (Tarapoto)
- Carretera Santa Rosa (Tarapoto)
- Jr. Cenepa (Tarapoto)

Ruta 3 (circulación en sentido horario):

La ruta N° 03 deberá ser de circulación en sentido horario de sur a norte a largo de 4.3 km. Lineales entre la zonas de Aviación y Satélite, la longitud de esta ruta es de 12 kilómetros con 128 metros, tiene un impacto efectivo de 4,7 Km² en el área de la aglomeración urbana. El punto de partida y llegada es la zona de Aviación en el distrito de Tarapoto.

Esta ruta de transporte público de pasajeros deberá tener un aproximado de 30 puntos de parada (paraderos) y un promedio de 15 segundos de parada por cada punto. Y un total de 14 minutos en paradas por recojo de pasajeros y cambio de luz de semáforos. El tiempo medio aproximado de recorrido de toda la ruta es de 35 minutos, y la velocidad promedio es de 35Km/h. La cantidad ideal de vehículos debe ser de 6 unidades, cada una de con capacidad de 25 pasajeros. Las zonas conectadas serían: Aviación, Cercado de

Tarapoto, Barrio Huayco, Satélite y Centro de la Banda de Shilcayo (Véase figura N° 13).

Calles que se recorre en la ruta N° 03:

- Av. Aviación (Tarapoto)
- Av. Jiménez Pimentel (Tarapoto)
- Jr. Pedro de Ursúa (Tarapoto)
- Vía de Malecón (Tarapoto-Bda. Shilcayo)
- Jr. Malecón (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Yurimaguas (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Sinchi Roca (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Miraflores (Bda. De Shilcayo)
- Vía Satélite (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Huascar (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Ricardo Palma (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Túpac Amaru (Bda. De Shilcayo)
- Jr. Cabo A. Leveau
- Jr. Santa Inés (Tarapoto)
- Jr. Jorge Chávez (Tarapoto)
- Jr. Progreso (Tarapoto)
- Jr. Ricardo Palma (Tarapoto)
- Jr. José Olaya (Tarapoto)
- Vía Evitamiento (Tarapoto)

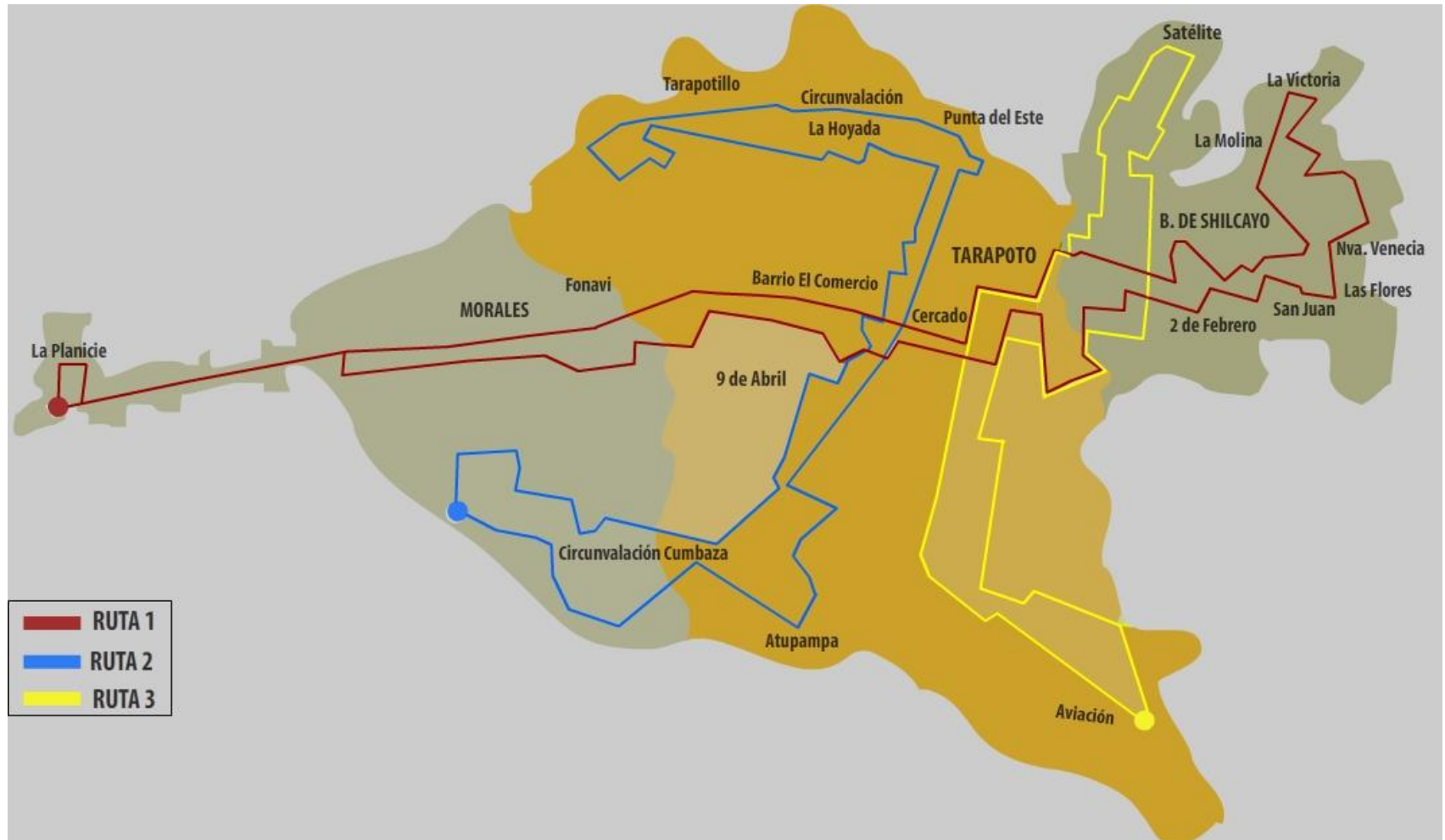


Figura N° 43: Mapa de rutas propuestas en el modelo.

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación veremos los resultados por cada variable, y al final las correlaciones, y precisiones sobre éstas.

Las unidades móviles: Mototaxis, motocicletas y vehículos mayores (X₁₁).

En los resultados de la investigación se presentan dos escenarios probables que dependen enteramente del factor socioeconómico, ya que se considera como un estímulo fundamental para el incremento de población y de vehículos la afluencia de inmigrantes, motivados por las condiciones de comercio y de educación que presenta Tarapoto, que es el factor principal, tal como se lo asevera el Centro Latinoamericano de Demografía en su estudio de *Sistemas de ciudades y migración reciente en el Perú* del año 2009. Si en el año 2011 el número de vehículos motorizados era de 28 000 unidades, en el año 2020 será de 54 900 unidades, si ocurre que el crecimiento económico es sostenible y mantiene el mismo flujo de inmigración; pero si el crecimiento económico se estanca, la simulación arroja que el número de vehículos no variará mucho y será de 50 891 unidades, una explicación a esto puede ser que el costo para acceder a una motocicleta o mototaxi no es significativo. Y además los mototaxis, representan un medio de sustento en el sector de la economía local.

Los conductores (X₁₂).

En esta investigación no se ha considerado a los conductores de vehículos como elemento medible a parte de las unidades vehiculares. Entonces en cuanto al crecimiento de éstos, es igual al número de vehículos como propietarios o usuarios.

El precio ofertado del servicio del STU (X₁₃)

En los resultados de la investigación se observado en la simulación que el costo de pasaje promedio entre centro de Morales al centro de la Banda de Shilcayo en el año 2010 era de S/. 2.58 aproximadamente, en el 2012 era de S/. 3.58. Y para el año 2020 será de S/. 8.48; sin embargo, este precio que se proyecta puede tener un nivel de incertidumbre muy significativo, ya que depende del incremento de costo de vida y del precio internacional del petróleo. En cambio, la percepción actual del costo de pasaje es de excesiva, así lo considera el 87% de los encuestado en nuestro trabajo de investigación. Y si buscamos una explicación desde el ámbito del mercado, resulta que está afirmación tiene respaldo, porque un salario mínimo vital es de S/. 750 mensual y S/. 25 diario según el MEF (Ministerio de economía y finanzas del Perú, año 2012), quiere decir que una persona entre movilizarse del centro de Morales a la Banda de Shilcayo, ida y vuelta puede gastar S/. 8. Que equivale casi a un tercio del ingreso de un salario mínimo vital en un día. Por eso, que un sistema de transporte público aliviaría los costos de pasaje y reduciría la contaminación, ya que es probable que la demanda de mototaxis se reduzca significativamente.

Cantidad de población de la aglomeración urbana de Tarapoto (X₁₄)

En los resultados de investigación sobre la población de la aglomeración urbana de Tarapoto, se obtuvo en la simulación dos escenarios probables; cuando el escenario es de un crecimiento económico sostenible, el factor socioeconómico $f=1$ la población llegaría casi a 200 000 habitantes (198 236 hab.); pero si ocurre un estancamiento económico, el estímulo para la inmigración se revierte, y en el año 2020 la población llegaría solamente 176 825 hab. La diferencia entre un escenario y otro es muy marcado (21 000 habitantes); Si recurrimos a una valoración que entreteja el contexto nacional y las proyecciones de

los indicadores económicos, habría mayor probabilidad que ocurra un escenario donde $f=1$.

El principal determinante del crecimiento poblacional acelerado es la inmigración, cuyos incentivos son el comercio y la educación, así lo confirmaron en la encuesta realizada a personas entre 25 y 35 años. Donde el 26.03 % contestaron que han venido de otro lugar a establecerse en Tarapoto para realizar actividades de comercio y educación superior; pero también, ocurre que, los encuestados en ese mismo rango de edad piensan irse de Tarapoto a corto plazo, en busca de oportunidades laborales y de negocios. Así lo confirmó el 25% de ellos. De esto podemos deducir que el crecimiento poblacional mantiene un alto grado de sensibilidad del contexto económico. Y la manera cómo afecta este al sistema de transporte urbano, será con mayor congestión vehicular en el centro de Tarapoto, mayor contaminación por el incremento de consumo de hidrocarburos y más accidentes, esto lo precisamos mejor en la discusión de las correlaciones.

Precio de la gasolina (X_{15})

Los resultados encontrados en el análisis de este indicador nos proyecta que el precio por galón de gasolina de 90 octanos en el año 2020 será de S/. 29.43, en el años 2012 fue de S/. 12.45, o sea, un incremento muy sustancial, casi 17 nuevos soles, eso será un factor decisivo para que los precios de pasajes en mototaxi también se disparen y haya un mayor nivel de insatisfacción de los habitantes de Tarapoto (malestar social).

Hay que considerar que el precio de la gasolina que es el combustible de la mayoría de vehículos en Tarapoto depende del mercado internacional de hidrocarburos, el petróleo mantiene un precio muy inestable por eso hay que considerar un grado significativo de incertidumbre a la

proyección de precios de la gasolina, tal como lo dicen Antonio Merino y Rebeca Albacete, en su publicación sobre *Análisis del precio del petróleo 2010*.

Nivel de congestión de STU(X_{16})

Los resultados de la medición del nivel de congestión vehicular en la zona céntrica de Tarapoto se realizaron mediante un modelo basado en agentes, para el año 2012 y 2020; se obtuvo que en el año 2012 la velocidad promedio era de 25.32 km/h. El tiempo de espera promedio de un vehículo en cada semáforo era de 9.22 segundo; pero para el año 2020 la velocidad promedio será de 20.50Km/h. Y el tiempo de espera de un vehículo en cada semáforo será de 15.75 segundos. A pesar que los cambios no parecen sustanciales en cuanto a la velocidad promedio y tiempo de espera esto podría significar un nivel de incomodidad para quienes circulen con un vehículo por la zona céntrica de Tarapoto dentro de 6 años.

Nivel de satisfacción de costo de servicio del STU (Y_{11})

En los resultados de investigación que se presenta en la tabla N° 26, la segunda pregunta nos confirma que existe un bajo nivel de satisfacción respecto al costo del servicio de STU. El 87% de los encuestados afirman que los precios son excesivos.

En la correlación entre precio de gasolina y costo de pasaje se encontró que el coeficiente r de Pearson es 0.987, quiere decir que existe un relación muy fuerte entre precio de gasolina y precio de pasajes; con ello podemos deducir que los precios de pasajes subirán y el nivel de satisfacción respecto a ese costo bajará (incrementándose el malestar social).

Por otro lado, tenemos resultados de la correlación entre ingreso promedio per cápita y precio de pasaje donde el coeficiente de Pearson es de 0.992, quiere decir que existe una muy fuerte relación entre ingreso per cápita y costo de pasaje; estos resultados nos ayudan, a tomar consideraciones contrarias a que el malestar social se incrementará por la subida de precios de los pasajes. Ya que el ingreso per cápita aumentará en casi en la misma proporción que el aumento de los pasajes, y esto hará que la percepción sobre el costo excesivo de pasaje se suavice; pero si ocurre un estancamiento económico y el precio de los combustibles suben, entonces el malestar social en la aglomeración urbana de Tarapoto será muy significativa.

Tasa de incidencia de accidentes de tránsito (Y₁₂)

En los resultados de investigación se ha correlacionado la cantidad de accidentes con la cantidad de vehículos, y hemos obtenido un coeficiente de Pearson equivalente a 0.999; quiere decir si se mantiene la misma situación respecto aplicación de la regulación y normas de tránsito, el número de accidentes aumentará, probablemente, en el año 2020 serán 830 accidentes por año; pero esta correlación también mantiene un nivel sensibilidad muy alto a otros factores; por ejemplo, un exhaustiva política de prevención de accidentes podría reducir la tasa de incidencia de accidentes de tránsito; desvirtuando esta correlación realizada. Entonces queda decir que sí existe una fuertísima relación entre cantidad de vehículos y cantidad de accidentes, que se incrementarán en los años siguientes, si se mantienen las mismas acciones o inacciones en la regulación de STU. (Esto demuestra que el malestar social se incrementará en los próximos años por el bajo nivel de seguridad, ya que al 59% de los encuestados los accidentes de tránsito si les preocupa y les causa inseguridad frecuentemente)

CAPÍTULO IV

VI. CONCLUSIONES

- Se logró determinar los escenarios actuales del sistema de transporte urbano, variables como población con crecimiento acelerado, cantidad creciente de mototaxis, motocicletas, y vehículos mayores, y los problemas consecuentes en STU, como el alto índice de accidentes (430 accidentes en el año 2009), el alto nivel de ruido (230db); además estos escenarios nos permitieron delimitar las variables que se simuló para lograr obtener indicadores estadísticos en el futuro.
- Se logró modelar el STU, básicamente con dos modelos dinámicos el primero, el *modelo de crecimiento poblacional con estímulo emergente* y el *modelo de tráfico vehicular basado en agentes*. Teniendo como resultado dos escenarios posibles, de los cuales el más resaltante es el escenario donde factor económico es sostenible y estimula una fuerte migración que a la vez hace que el crecimiento poblacional sea significativo (198 236 ha. En el año 2020), la cantidad de vehículos se incrementarían significativamente (54 925 unidades) y los accidentes también se incrementarían (830 casos en el año 2020). El tiempo de espera promedio de un vehículo en cada semáforo de la zona céntrica de Tarapoto sería de 15.55 segundos en el año 2020, incrementándose en 6.33 segundos al actual tiempo de espera. La velocidad promedio en la misma zona sería de 20.50 km/h en el año 2020, disminuyendo en 4.82km/h. Eso nos indicaría que la congestión vehicular aumentaría significativamente.

- Se logró saber que la determinante más sensible que influye en el desarrollo del sistema de transporte urbano y el malestar social; es el factor socioeconómico que en esta investigación lo presentamos con valores $f=-1$ y $f=1$, que indican que la economía es sostenible y crece en el primer caso; y en el otro caso, la economía se estanca y no crece; esto explica que el estímulo más importante para que la población y el número de vehículos aumente es la inmigración que viene motivado por el comercio y la educación en la ciudad de Tarapoto. El otro factor importante es el precio internacional del petróleo que hace que muy inestable los costos de servicio de STU a largo plazo.
- Se logró plasmar resultados estadísticos de la simulación sobre el malestar social, concluyendo que a largo plazo (año 2020) el STU presentará un mayor malestar social (en específico, mayor número de accidentes y mayor costo del pasaje (Como referencia se estableció el costo de pasaje del centro de Morales al centro de la Banda de Shilcayo sería de más de 8 nuevos soles en el año 2020). Obviamente, que también hay un nivel de incertidumbre significativo en estas predicciones. Por otra parte se presentó un modelo básico de rutas y vehículos para un sistema de transporte público como alternativa, este modelo consta de 3 rutas principales, 25 unidades de microbuses con capacidad para 25 pasajeros que en teoría transportarían a 4167 pasajeros en una hora, tomando en cuenta el promedio de viaje de cada pasajero es de 9 minutos y el costo del servicio para el año 2020 sería de 1 nuevo sol una ruta intermedia y 2.5 nuevo soles para ruta interdistrital.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades de Tarapoto tomar en cuenta en la planificación urbana estos indicadores generados mediante datos históricos y tendencias tomadas de muestras estadísticas.
- Se recomienda a los interesados en esta investigación ajustar los datos con información más reciente e incluir nuevas variables en los modelos realizados en Stella y Netlogo, para así tener una predicción más precisa.
- Se recomienda a los nuevos investigadores de temas sociales usar la herramienta de simulación, ya que es un recurso de alta ingeniería y permite lograr predicciones muy interesantes en función a valores cuantitativos; pero es necesario también contrastarlo con factores subjetivos y ajenos a ser mensurables de manera exacta; y en lo posible hacer restricciones que permitan un menor nivel de incertidumbre.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 8.1. AGUILERA BENAVENTE, F. M. *Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano*. 496p. 2010.
- 8.2. ALEÑAR GINARD, Martín. *Simulación de Sistemas Discretos*. Editorial Isdefe. Madrid, España, 2006. p 30-80, ISBN: 84-89338-12-4.
- 8.3. ARACIL, Javier y GORDILLO, Francisco. *Dinámica de Sistemas*. Madrid, España, Editorial Alianza, 1997, ISBN: 84-206-8168-7.
- 8.4. Banco Central de reserva del Perú. *Memoria de precios e inflación nacional 2001-2011*. [en línea] 2012 [Consulta: 11-05-2012]. Disponible en < <http://www.bcrp.gob.pe/publicaciones.html>>
- 8.5. BARCELÓ, J. y CASANOVAS, J. *Simulación y Modelización de Sistemas*. Barcelona, España, 1996, p 78-88, ISBN: 84-89338-12-4.
- 8.6. BONILLA, Héctor Edgardo, *Análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Huancayo*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Huancayo, 2006.
- 8.7. CASTLE, C.J.E. y CROOKS A.T. Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for developing Geospatial Simulations, CASA Working Papers Series 110. 2010.
- 8.8. CELADE. *Sistemas de ciudades y migración reciente en el Perú*. Centro Latinoamericano de Demografía. Pág. 63. 2009.

- 8.9. FERNÁNDEZ MARIN, Marcos. *Arquitectura y desarrollo software de sistemas para la modelización del tráfico en simulación de conducción*. Universidad de Valencia, España, 1999.
- 8.10. JORDAN, Ricardo y SIMIONI, Daniela. *Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. CEPAL. Chile, Santiago. Pág. 108-109. 2003.
- 8.11. IV DITERPOL-Tarapoto. *Reporte Policial de accidentes registrados*. PNP Tarapoto, 2011. 4 p.
- 8.12. Manual de Netlogo. INSISOC. [Página Visitada el 15 agosto 2012]. Disponible en: <<https://sites.google.com/site/manualnetlogo/home>>
- 8.13. MERINO, Antonio y ALBACETE, Rebeca. *Análisis del precio del petróleo*. Dirección de Estudios y de Análisis del Entorno de Repsol. Madrid. 2010
- 8.14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Informe de los servicios de transporte*. Tarapoto. 2000. 40 p.
- 8.15. Municipalidad Provincial de San Martín. *Informe sobre la problemática del transporte urbano*. Tarapoto. 2007, 35 p.
- 8.16. Municipalidad Provincial de San Martín. *Plan de desarrollo urbano de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo*. Diagnóstico y análisis urbano, Cap. III, Tarapoto, 2011. 76 p.

- 8.17. RAMIREZ KURI, Patricia. *Ciudad y malestar social*. IIS-UNAM, México. 2009.
- 8.18. RÍOS INSÚA, Manuel; RÍOS INSÚA, Sixto y JIMÉNES, Jacinto Martín. *Simulación, Métodos y Aplicaciones*, 2ª.ed. Edición Alfa Omega, D.F, México. 388 p, ISBN: 978-970-15-1457-3.
- 8.19. Sub gerencia de tránsito de la MPSM. *Reporte de la primera campaña contra ruidos molestos*. Junio del 2011, Tarapoto. 2011.
- 8.20. VARGAS KOCH, Sofia. *Emergencia Urbana*. Diseño y Estudios Urbanos PUC. Santiago de Chile. 2007.

IX. ANEXOS

9.1. Código fuente del simulador tráfico de vehículos en el centro de la aglomeración urbana de Tarapoto.

globals

[

 aceleracion

 fase

 manzana-x-inc

 manzana-y-inc

 cantidad-vehiculos-

 estado-semaforo

 fase

 cantidad-vehiculos-detenidos

 estado-semaforo

 intersecciones

 calles

]

turtles-own

[

 velocidad

 sentido?

 tiempo-espera

]

patches-own

[

intersecciones?

semaforo-verde?

mi-fila

mi-columna

mi-fase

auto?

]

to setup

ca

marco

setup-patches

cambio-actual

vista-actual

if (cantidad-vehiculos > count calles)

[

user-message (**word** " Hay demasiados vehículos para la cantidad de "

"vía. cualquier aumento de calles "

" incremento de cuadras o "

"cantidad-cuadras-y deslizar, o disminuir "

"numero de vehículos que se han reducido con el control deslizador.\n"

"la instalación se ha detenido.")

```
stop  
]  
  
crt cantidad-vehiculos  
  
[  
  setsentidos  
  set-car-color  
  grabar-dato  
]  
  
ask turtles [ set-car-velocidad ]  
  
restablecer-alternancias  
  
end  
  
to marco  
  
  set estado-semaforo nobody  
  
  set fase 0  
  
  set cantidad-vehiculos-detenidos 0  
  
  set manzana-x-inc world-width / cantidad-cuadras-x  
  
  set manzana-y-inc world-height / cantidad-cuadras-y  
  
  set aceleracion 0.099  
  
end  
  
to setup-patches  
  
  ask patches
```

```

[
  set intersecciones? false

  set auto? false

  set semaforo-verde? true

  set mi-fila -1

  set mi-columna -1

  set mi-fase -1

  set pcolor brown + 3
]

set calles patches with
  [(floor((pxcor + max-pxcor - floor(manzana-x-inc - 1)) mod
manzana-x-inc) = 0) or
  (floor((pycor + max-pycor) mod manzana-y-inc) = 0)]

set intersecciones calles with
  [(floor((pxcor + max-pxcor - floor(manzana-x-inc - 1)) mod
manzana-x-inc) = 0) and (floor((pycor + max-pycor) mod manzana-y-
inc) = 0)]

ask calles [ set pcolor white ]

setup-intersecciones

end

to setup-intersecciones
  ask intersecciones
  [

```

```

set intersecciones? true
set semaforo-verde? true

set mi-fase 0

set auto? true

set mi-fila floor((pycor + max-pycor) / manzana-y-inc)

set mi-columna floor((pxcor + max-pxcor) / manzana-x-inc)

set-signal-colors

]

end

to setsentidos

  set velocidad 0

  set tiempo-espera 0

  poner-en-vacio-calles

  ifelse intersecciones?

  [

    ifelse random 2 = 0

    [ set sentido? true ]

    [ set sentido? false ]

  ]

  [

    ifelse (floor((pxcor + max-pxcor - floor(manzana-x-inc - 1)) mod
manzana-x-inc) = 0)

    [ set sentido? true ]
  ]

```

```
[ set sentido? false ]  
]  
ifelse sentido?  
[ set heading 180 ]  
[ set heading 90 ]  
end  
  
to poner-en-vacio-calles  
  move-to one-of calles with [not any? turtles-on self]  
end  
  
to go  
  actualizacion  
  establecer-senal  
  set cantidad-vehiculos-detenidos 0  
  ask turtles  
  [  
    set-car-velocidad  
    fd velocidad  
    grabar-dato  
    set-car-color  
  ]  
  next-fase  
  tick  
end
```

```

to eleccion-actual
  if mouse-down?
  [
    let x-mouse mouse-xcor
    let y-mouse mouse-ycor
    if [intersecciones?] of patch x-mouse y-mouse
    [
      actualizacion
      novista-actual
      cambio-actual patch x-mouse y-mouse
      vista-actual
      stop
    ]
  ]
end

```

```

to cambio-actual [light]
  set estado-semaforo light
  set fase-actual [mi-fase] of estado-semaforo
  set todos-circulando [auto?] of estado-semaforo
end

```

```

to actualizacion
  ask estado-semaforo [
    set mi-fase fase-actual
  ]

```

```
    set auto? todos-circulando  
  ]  
end
```

```
to vista-actual  
  ask estado-semaforo  
  [  
    ask patch-at -1 1  
    [  
      set plabel-color black  
      set plabel "current"  
    ]  
  ]  
end
```

```
to novista-actual  
  ask estado-semaforo  
  [  
    ask patch-at -1 1  
    [  
      set plabel ""  
    ]  
  ]  
end
```

to establecer-senal

ask intersecciones **with** [auto? and fase = **floor** ((mi-fase *
alternaciones-por-ciclo) / 100)]

[

set semaforo-verde? (not semaforo-verde?)

set-signal-colors

]

end

to set-signal-colors

ifelse semaforo

[

ifelse semaforo-verde?

[

ask patch-at -1 0 [**set** pcolor red]

ask patch-at 0 1 [**set** pcolor green]

]

[

ask patch-at -1 0 [**set** pcolor green]

ask patch-at 0 1 [**set** pcolor red]

]

]

[

```

ask patch-at -1 0 [ set pcolor white ]
ask patch-at 0 1 [ set pcolor white ]
]
end

```

```

to set-car-velocidad

```

```

  ifelse pcolor = red

```

```

  [ set velocidad 0 ]

```

```

  [

```

```

    ifelse sentido?

```

```

    [ set-velocidad 0 -1 ]

```

```

    [ set-velocidad 1 0 ]

```

```

  ]

```

```

end

```

```

to set-velocidad [ delta-x delta-y ]

```

```

  ifelse any? turtles-ahead

```

```

  [

```

```

    ifelse any? (turtles-ahead with [ sentido? != [sentido?] of myself )

```

```

    [

```

```

      set velocidad 0

```

```

    ]

```

```

  [

```

```

    set velocidad [velocidad] of one-of turtles-ahead

```



```
    slow-down  
  ]  
]  
[ velocidad-up ]  
end
```

```
to slow-down  
  ifelse velocidad <= 0  
  [ set velocidad 0 ]  
  [ set velocidad velocidad - aceleracion ]  
end
```

```
to velocidad-up  
  ifelse velocidad > limite-velocidad  
  [ set velocidad limite-velocidad ]  
  [ set velocidad velocidad + aceleracion ]  
end
```

```
to set-car-color  
  ifelse velocidad < (limite-velocidad / 2)  
  [ set color blue ]  
  [ set color cyan - 2 ]  
end
```

```
to grabar-dato  
  ifelse velocidad = 0
```

```
[  
  set cantidad-vehiculos-detenido cantidad-vehiculos-detenido + 1  
  set tiempo-espera tiempo-espera + 1  
]  
[ set tiempo-espera 0 ]  
end
```

```
to cambio-actual  
  ask estado-semaforo  
  [  
    set semaforo-verde? (not semaforo-verde?)  
    set-signal-colors  
  ]  
end
```

```
to next-fase  
  set fase fase + 1  
  if fase mod alternaciones-por-ciclo = 0  
    [ set fase 0 ]  
end
```