



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR Y
FLUJO PEATONAL POR MICROSIMULACIÓN CON EL
PROGRAMA PTV VISSIM, EN LOS JIRONES LOS INCAS,
TACNA, CAHUIDE Y AVENIDA LA TORRE – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

JORGE OMAR TITO CRUZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**OPTIMIZACION DEL NIVEL DE SERVICIO
VEHICULAR Y FLUJO PEATONAL POR MI
CROSIMULACION CON EL PROGRAMA P
T**

AUTOR

JORGE OMAR TITO CRUZ

RECUENTO DE PALABRAS

15167 Words

RECUENTO DE CARACTERES

79261 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

94 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 19, 2024 11:58 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 19, 2024 11:59 AM GMT-5

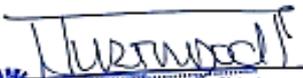
● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Dr. Sr. Edgardo Vial Hualicho Chávez
ING. CIVIL CIP: 37002
DOCENTE

Vto. 
24/09/2024
Ing. Jaime Medina Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNAN: 910345
SABIDO: 2024 IN. BIC - FIA

Resumen



DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo incondicional y los consejos en toda la etapa de mi formación académica.

Jorge Omar Tito Cruz



AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por inculcarme conocimientos y motivación para la vida laboral.

Al personal de la Municipalidad Provincial de Puno por la facilidad de acceder a las cámaras de seguridad.

A mis amigos que hicieron posible la conclusión de la presente tesis.

Jorge Omar Tito Cruz



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ACRONIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA	19
1.3.1 Pregunta general.....	19
1.3.2 Preguntas específicas	19
1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 HIPOTESIS Y VARIABLES.....	20
1.5.1 Hipótesis general.....	20
1.5.2 Operacionalización de variables	20

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1.1	Antecedentes internacionales	22
2.1.2	Antecedentes nacionales	23
2.1.3	Antecedentes locales	24
2.2	BASES TEORICAS	24
2.2.1	Manual de capacidad de carreteras	24
2.2.2	Teoría de trafico	25
2.2.3	Conflictos de trafico	25
2.2.4	Semáforos.....	26
2.2.5	Distribución de tiempos en los semáforos	27
2.2.6	Ingeniería de tránsito y la micro simulación	28
2.2.7	Nivel de servicio vehicular.....	28
2.2.8	Flujo peatonal.....	30
2.2.9	Nivel de servicio en zonas peatonales.....	30
2.2.10	Nivel de servicio en zonas de formación de colas.	31
2.2.11	Microsimulación	32
2.3	MARCO CONCEPTUAL	33
2.3.1	Capacidad.....	33
2.3.2	Densidad.....	33
2.3.3	Demanda.	33
2.3.4	Demora.....	33
2.3.5	Peatón.....	33
2.3.6	Flujo de saturación.....	33
2.3.7	Hora pico.....	34
2.3.8	Transito.....	34



2.3.9 Volumen.....	34
2.3.10 Semáforos fijos.....	34
2.3.11 Intersecciones.....	34
2.3.12 Seguridad.....	34
2.3.13 Pasos peatonales.....	35
2.3.14 Riesgo.....	35

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	36
3.5 POBLACIÓN	36
3.6 MUESTRA.....	37
3.7 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.8 RECOLECCION DE DATOS	41
3.9 OBTENCIÓN DE RESULTADOS SEGÚN SOFTWARE PTV VISSIM..	45
3.10 MEJORAS DEL NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR	50
3.10.1 Optimización de tiempos de semáforos usando la metodología del HCM versión 2010.....	50
3.10.2 Detalles de las propuestas	60
3.11 PRUEBA ESTADISTICA DE LA HIPOTESIS	63
3.11.1 Prueba de normalidad.....	63
3.11.2 Test de Friedman	65



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	66
4.2	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	72
4.3	DESVÍO DE RUTAS.	74
4.4	PROYECCIÓN A 5 AÑOS.....	77
4.5	DISCUSIÓN.....	80
4.6	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	82
V.	CONCLUSIONES.....	84
VI.	RECOMENDACIONES.....	86
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	ANEXOS.....	92

TEMA: Optimización del nivel de servicio vehicular y flujo peatonal.

ÁREA: Transportes.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Transportes y Gestión vial.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de setiembre del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Tabla dinámica del aforo vehicular de 16-24 horas de las 4 calles.	38
Figura 2 Modelo en ptv vissim de la intersección estudiada.	40
Figura 3 Reglaje semafórico actual.....	44
Figura 4 Tipo de vehículos insertados.	45
Figura 5 Dibujo de los tramos y anchos de calzada.....	46
Figura 6 Porcentaje de vehículos que salen de La Torre.....	46
Figura 7 Rutas de los vehículos que salen de todas las calles	47
Figura 8 Creación de áreas para usarlos como pasos peatonales.	47
Figura 9 Reglaje semafórico introducido en el programa.	48
Figura 10 Resultados de nivel de servicio vehicular.	49
Figura 11 Resultados de la densidad peatonal.	49
Figura 12 Volumen de la máxima demanda horaria.	50
Figura 13 Longitudes de la intersección estudiada.	51
Figura 14 Fase 1.....	51
Figura 15 Fase 2.....	52
Figura 16 Fase 3.....	52
Figura 17 Reglaje semafórico calculado con la metodología HCM versión 2010.	60
Figura 18 Modelo de intersección semaforizada estudiada.	61
Figura 19 Carril adicional en Jirón Tacna.....	62
Figura 20 Resultados de prueba de normalidad.....	63
Figura 21 Histograma del nivel de servicio vehicular	64
Figura 22 Histograma del flujo peatonal	64
Figura 23 Grafico con mejora en nivel de servicio y flujo peatonal.....	66



Figura 24	Nivel de servicio vehicular y flujo peatonal actual.	67
Figura 25	Gráfico de los resultados de las microsimulaciones.....	68
Figura 26	Gráfico de los resultados de las microsimulaciones.....	68
Figura 27	Gráfico de los resultados de las microsimulaciones.....	69
Figura 28	Porcentaje de vehículos parados según ruta tomada.	70
Figura 29	Tiempo de retraso de los peatones en cruzar el paso peatonal.	71
Figura 30	Gráfico del flujo peatonal con microsimulación 7	73
Figura 31	Grafico del flujo peatonal con microsimulación 8	73
Figura 32	Gráfico del desvío de rutas	74
Figura 33	Resultados del desvío de rutas.....	75
Figura 34	Nivel de servicio en calles con un desvío de rutas con la 3 y 4 propuesta .	75
Figura 35	Nivel de servicio en calles con un desvío de rutas con la 7 y 8 propuesta .	76
Figura 36	Resultado de la proyección a 5 años con microsimulaciones 3,4,7 y 8.....	79



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de variables	20
Tabla 2 Nivel de servicio vehicular en intersecciones semaforizadas	29
Tabla 3 Nivel de servicio peatonal.....	31
Tabla 4 Desviación estándar de los aforos vehiculares de las 4 calles durante la semana.....	37
Tabla 5 Aforo vehicular de la avenida la torre.....	41
Tabla 6 Rutas tomadas por los vehículos que ingresan a La Torre separados cada 15 min	43
Tabla 7 Aforo vehicular de la salida de La Torre y porcentajes por tipo de vehículos	43
Tabla 8 Aforo peatonal de los 15 más congestionados.....	44
Tabla 9 Autos equivalentes de giro a la izquierda.	54
Tabla 10 Autos equivalente giros a la derecha en base a peatones.....	55
Tabla 11 Resultados del Test de Friedman para el nivel de servicio.....	71
Tabla 12 Resultados del test de Friedman para el flujo peatonal.....	72
Tabla 13 Resultados del tráfico proyectado a 5 años del Jr. Cahuide.....	77
Tabla 14 Resultados del tráfico proyectado a 5 años de la Av. La Torre.....	77
Tabla 15 Resultados del tráfico proyectado a 5 años del jr. los incas.....	78
Tabla 16 Resultados del tráfico proyectado a 5 años del Jr. Tacna.....	78



ACRONIMOS

VHMD:	Volumen horario de máxima demanda
$V_{15 \text{ max}}$:	Volumen correspondiente a los 15 min más cargados
F_{HV} :	Factor de ajuste de vehículos pesados
P_T :	Porcentaje de camiones
P_B :	Porcentaje de buses
P_R :	Porcentaje de vehículos recreacionales
E_T :	Equivalente en automóviles de camiones
E_B :	Equivalente en automóviles de buses
E_R :	Equivalente en automóviles de vehículos recreacionales
q_T :	Automóviles equivalentes directos
q_D :	Movimientos directos
q_{VI} :	Movimientos de vuelta a la izquierda
q_{VD} :	Movimientos de vuelta a la derecha
q_{vi} :	Movimientos de vuelta a la izquierda.
FHMD:	Factor horario de máxima demanda.
E_{vi} :	Equivalente de vuelta a la izquierda.
q_{vd} :	Movimientos de vuelta a la derecha.
f_{hv} :	Factor de vehículos pesados.
E_{vd} :	Equivalente de vuelta a la derecha.
q_d :	Movimientos directos.
y_t :	Magnitud de intervalos.
v :	Velocidad de aproximación de los vehículos
a :	Tasa de desaceleración.
w :	Ancho de la intersección.



y_i :	Magnitud de intervalos de cambio
A_i :	Tiempo en amarillo.
TR_i :	Tiempo todo rojo.
Co :	Cálculo de longitud de ciclo optimo
gT :	Tiempo efectivo verde total



RESUMEN

La presente investigación se realizó en la intersección de los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y avenida La Torre de la ciudad de Puno debido a que en este lugar se concentran la mayor cantidad de centros comerciales, medios de transporte, elevada densidad poblacional y actividades económicas sumado a una deficiente señalización y semaforización existe un conflicto entre el flujo peatonal y el tráfico vehicular obstaculizándose entre si el libre movimiento generando congestión vehicular e inseguridad peatonal; se busca “optimizar el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal por microsimulación mediante el programa PTV VISSIM”; se aplicó una metodología con enfoque cuantitativo, nivel aplicativo y diseño no experimental, con los resultados de los conteos vehiculares de 8477, 13529, 7469 y 16719 vehículos/día en los jirones Tacna, Cahuide, Los Incas y avenida La Torre respectivamente con un aforo peatonal de 948, 1293, 1092, 647 y 497 peatones en hora punta de los cruces peatonales de la avenida La Torre, jirones Tacna, Cahuide, Oquendo y el cruce ubicado entre avenida La Torre y jirón Tacna respectivamente, al ser el programa PTV VISSIM multimodal se pudo microsimular diferentes escenarios con distintas semillas concluyendo que se puede reducir la congestión vehicular un 20.45% y se puede aumentar el flujo peatonal un 11.04% simultáneamente en la intersección descrita utilizando un nuevo ciclo semafórico de 95 s/ciclo y agregando un carril en jirón Tacna con giro independiente hacia el jirón Oquendo.

Palabras clave: Congestionamiento, Flujo peatonal, Microsimulación, Nivel de servicio, Programa PTV VISSIM.



ABSTRACT

This research was carried out at the intersection of Jirones Los Incas, Tacna, Cahuide and Avenida La Torre in the city of Puno because this place has the largest number of shopping centers, means of transportation, high population density and economic activities, in addition to poor signage and traffic lights, there is a conflict between pedestrian flow and vehicular traffic, hindering each other's free movement, generating vehicular congestion and pedestrian insecurity; the aim is to "optimize the level of vehicular service and pedestrian flow by microsimulation using the PTV VISSIM program"; A methodology with a quantitative approach, application level and non-experimental design was applied, with the results of the vehicle counts of 8477, 13529, 7469 and 16719 vehicles/day in the Tacna, Cahuide, Los Incas and La Torre avenues respectively with a pedestrian capacity of 948, 1293, 1092, 647 and 497 pedestrians during rush hour at the pedestrian crossings of La Torre avenue, Tacna, Cahuide, Oquendo avenues and the intersection located between La Torre avenue and Tacna avenue respectively, since the PTV VISSIM program is multimodal, it was possible to microsimulate different scenarios with different seeds, concluding that vehicular congestion can be reduced by 20.45% and pedestrian flow can be increased by 11.04% simultaneously at the intersection described using a new traffic light cycle of 95 s/cycle and adding a lane on Jirón Tacna with an independent turn towards Jirón Oquendo.

Keywords: Congestion, Pedestrian flow, Microsimulation, Service level, PTV VISSIM program.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El tráfico congestionado es un obstáculo considerable debido a la deficiente planificación gubernamental enfocado solo a construir mayores estructuras viales lo que genera la dependencia del vehículo privado como transporte predilecto en intersecciones importantes junto con transporte público (Delgado et al., 2020).

A nivel académico los estudios solo se enfocan en analizar el problema de congestión vehicular y peatonal por separado debido a los distintos comportamientos y particularidades de estos.

La presente investigación utiliza el programa PTV VISSIM para el análisis del nivel de servicio vehicular en una intersección controlada por semáforos teniendo presente el flujo peatonal de los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre.

Observando este comportamiento se utiliza herramientas como el Manual de Capacidad de Carreteras 2010 para proponer mejoras en la semaforización (Transportation research board, 2010) que no afecten el flujo peatonal, así como otras alternativas para mejorar los niveles de servicio de las avenidas involucradas.

1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La congestión urbana provoca daños económicos y sociales tanto para los residentes como para las ciudades, lo que requiere la implementación de políticas públicas que fomenten una movilidad más eficiente (Calatayud et al., 2021)

Existe una necesidad de redes viales adecuadas en países en desarrollo caracterizados por tener una infraestructura frágil y desequilibrada siendo las



intersecciones fundamentales, dado que solucionando los tramos de conflicto se mejora el servicio que prestan.(Miramontes García et al., 2015)

La seguridad vial es una premisa básica para intersecciones urbanas reflejada en una simplicidad y uniformidad en sus diseños, (Betancourt et al., 2015) siendo los peatones los usuarios más vulnerables cuando existe pocas alternativas para brindar comodidad a todos los usuarios de una intersección.

En el Perú en el mes de mayo del 2023 se reportó un incremento del movimiento de unidades ligeras y pesadas de un 1.9% influenciado en mayor proporción por vehículos ligeros (INEI, 2023), sumado a esto las ciudades no fueron diseñadas para albergar el volumen actual de vehículos.

Por lo general cuando existe interferencia y fricción de vehículos es debido a que existe congestión; en intersecciones con mayor volumen adicionar un vehículo estorba el desplazamiento de los demás (Cueva Sempertegui, 2012) pudiendo ocurrir lo mismo con peatones en la vía generando congestión.

En Puno se observa un incremento de la población urbana con un intercensal positivo de 7.66%; con un 5.7% de la población ocupada, por ramas de actividad realizando trabajos de transporte y comunicaciones (Municipalidad Provincial de Puno, 2020). El área urbana tiene un 45% de taxis como mayor incidencia del parque automotor, también existen solo 383 mototaxis registrados y 679 vehículos de transporte público registrados en 56 empresas formales.(MPP, 2012)

Un incremento de población y parque automotor generan congestión en las intersecciones principales de ciudades para lo cual se propone utilizar software de microsimulación para plantear una solución a este problema sin afectar o empeorar otros existentes.



1.2 JUSTIFICACIÓN

Los peatones siempre cruzan por la intersección que los dirija más rápido a su destino (Jiménez Romero, 2010), es por ello, que no se puede reubicar el cruce peatonal de la Av. Cahuide además los cruces peatonales advierten y guían a los usuarios siendo elementos indispensables para la seguridad vial (MTC, 2016), en especial los peatones más vulnerables como son las personas con discapacidades y adultos mayores.

Además, el uso de transporte público en aumento puede empeorar el problema de congestión que normalmente se observa en horas punta, a una congestión generalizada, más por la presencia de comercios en el entorno (Bansal et al., 2019); que se agrava por la imprevisión del control efectivo del tránsito vial urbano generando un conflicto de tráfico principalmente de tipo direccional al producirse variadas clases de maniobras vehiculares (Rodrigo Fernandez, 2011) es por ello que se debe tener un plan de ordenamiento urbano para poder reducir la congestión, con base a un análisis del aforo vehicular y flujo peatonal en las horas punta y en horas durante la semana que generen concentración vehicular por actores externos como afluencia no programada (comercios, feriados, etc), que conlleva a la optimización del ciclo y programación de los semáforos (Mamani Quispe & Ramos Colque, 2018).

Para operativizar el control y flujo tanto vehicular como peatonal, se pueden aplicar diversos programas informáticos que ayudan a programar flujos, el programa PTV VISSIM, por su versatilidad, facilita una mejor simulación, con base a una interacción realista de todos los factores y flujo de control de tránsito (PTV Group, 2017). En el caso de no estudiar estos parámetros el malestar de los peatones aumentará ocasionando maniobras arriesgadas de estos comprometiendo su integridad física y ocasionando accidentes y el flujo vehicular seguirá siendo interrumpido a lo largo de una vía.



1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3.1 Pregunta general

- ¿Se puede optimizar el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal mediante la microsimulación con el programa PTV VISSIM, en los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre?

1.3.2 Preguntas específicas

- ¿Se puede determinar el congestionamiento vehicular y flujo peatonal en los jirones Tacna, Los Incas, Cahuide y Avenida La Torre, utilizando aforo vehicular y peatonal?
- ¿Se puede proponer alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio sin perjudicar el flujo peatonal en los jirones Tacna, Los Incas, Cahuide y Avenida La Torre?
- ¿Es posible analizar el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal en los tramos con mayor afluencia?

1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.4.1 Objetivo general

- Optimizar el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal por microsimulación mediante el programa PTV VISSIM, en los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre.



1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el congestionamiento vehicular y flujo peatonal en los jirones Tacna, Los Incas, Cahuide y Avenida La Torre, utilizando aforo vehicular y peatonal
- Proponer alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio sin perjudicar el flujo peatonal en los Jirones Tacna, Los Incas, Cahuide y Avenida La Torre
- Analizar el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal en los tramos con mayor afluencia

1.5 HIPOTESIS Y VARIABLES

1.5.1 Hipótesis general

La microsimulación con el programa PTV VISSIM optimiza el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal en los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre.

1.5.2 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala
Variable Independiente				
Microsimulación con el programa PTV VISSIM	<ul style="list-style-type: none"> • Microsimulación base • Microsimulación de ciclos semafóricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo semafórico actual 	<ul style="list-style-type: none"> • s/ciclo • s/ciclo • und 	<ul style="list-style-type: none"> • 76 • De 76 a 182 • 2 a 3 carriles



Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala
	<ul style="list-style-type: none">• Microsimulación modificando geometría	<ul style="list-style-type: none">• Optimización de ciclos semafóricos• Adición de carriles		
Variable Dependiente				
Nivel de servicio vehicular y flujo peatonal	<ul style="list-style-type: none">• Nivel de servicio vehicular en intersecciones• Flujo peatonal	<ul style="list-style-type: none">• Demora por parada• Densidad peatonal	<ul style="list-style-type: none">• segundos• Peatón / m²	<ul style="list-style-type: none">• A, B, C, D, E, F.• 0.160 a 0.184



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

Vasconcellos (2019) en su libro “Contribuciones a un gran impulso ambiental para América Latina y el Caribe-movilidad urbano sostenible” explica que el congestionamiento ocurre debido al incremento del parque automotor y que éste ocasiona un índice de mortalidad alto especialmente en la población vulnerable como peatones y ciclistas.

Bansal et al. (2019), en “Flexible estimates of heterogeneity in crowding valuation in the New York City subway”, publico que el incremento en la demanda del Subway en NYC incremento el congestionamiento de las horas punta en los fines de semana a las horas no punta en los días de la semana.

Suárez Bermúdez (2019), en su tesis “Propuesta de mejoramiento operacional de la intersección avenida ciudad de Cali calle 72 en la ciudad de Bogotá, mediante microsimulacion.” Recalco la relación que debe haber entre una fuerte planeación técnica y el diseño de proyecciones viales de acuerdo al crecimiento real del flujo vehicular.

Cortés & Beristain (2018) en “Propuesta para el mejoramiento de la seguridad de los usuarios vulnerables, a partir de un modelo de microsimulacion.” enfatizó la importancia que tiene mejorar la seguridad de los usuarios vulnerables afectando lo menos posible al resto de usuarios a la vez reduciendo los conflictos entre conductores y usuarios.



2.1.2 Antecedentes nacionales

Pari Pinto et al. (2019) en su artículo “Nivel de congestionamiento del tráfico vehicular de la zona comercial de la avenida Bolognesi, Tacna-2019” indico que la zona comercial es la más congestionada enfatizando sus propuestas de solución a un área en específico.

Sanchez Cruz (2019) en su tesis “Evaluación y mejora de tres intersecciones de la avenida Canadá utilizando herramienta de microsimulacion de tráfico” Indica que debido a la geometría de la intersección no se opera en las mejores condiciones implementando mejoras en esta intersección.

Porras Salazar & Pérez Rodríguez (2020), en su tesis “Propuesta de solución al congestionamiento vehicular en la rotonda las Américas ubicada frente al aeropuerto internacional Jorge Chávez aplicando microsimulación en el software VISSIM V.9” explico la importancia de un estudio de tránsito en intersecciones importantes o con gran cantidad de vehículos usando VISSIM V.9 modelo la situación y dio propuestas que ayuden a mejorar el flujo vehicular.

En su proyecto “Microsimulacion del tráfico en la ciudad de cerro de pasco con el programa PTV VISSIM 9” (Arteaga Panez, 2018) concluyo que la tercera propuesta de rediseño de la infraestructura actual y su geometría obtuvo cambios positivos reduciendo los tiempos de espera y mejorando los niveles de servicio.

En “Investigación de la microsimulacion como herramienta en el control de tráfico”(Coronado Malca, 2020) señalo que con apoyo de los softwares de simulación de tráfico se puede tener una visión mucho más amplia de diferentes escenarios que pueden ocurrir debido a cambios relacionados con elementos de tráfico.



2.1.3 Antecedentes locales

Soto Sanca (2017) en su tesis “Análisis y planificación vial del tránsito vehicular en el cercado de la ciudad de Juliaca ” utilizo metodologías cuantitativas como el HCM 2010 y SYNCHRO 8 para mejorar la circulación del tránsito vehicular en el cercado de Juliaca determinando el tiempo de ciclo de cada intersección, evaluación de operación de vehículos y un volumen de tránsito para un periodo de 10 años.

Gutierrez Zuñiga (2019) desarrollo la tesis de Ingeniería Civil denominado “Aplicación del manual de capacidad de carreteras 2010 y el software Synchro 8.5 para la optimización de los semáforos en el centro de la ciudad de Juliaca” esta tesis demostró que el uso del software SYNCHRO 8.5 mejora los niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas optimizando las fases del semáforo.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 Manual de capacidad de carreteras

Presenta un conjunto de técnicas estimativas para la capacidad de carreteras influidas por el factor humano sensibles a la calidad de servicio que reciben y pudiendo reaccionar a ellas, por ello este manual proporciona juicios de valor para cuantificar relaciones de intensidad-calidad, establece un vocabulario común y técnicas estimativas del efecto de una sobre otra con el objeto de aplicar estas relaciones y determinar la capacidad de carreteras. (Transportation research board, 2010).

En el capítulo de “intersecciones reguladas por semáforos” se considera gran cantidad de situaciones predominantes como: distribución del tráfico rodado,



estructura vehicular, aspectos en su geometría y características de las señales añadiendo el tiempo de ciclo del semáforo por el impacto significativo en el funcionamiento de las intersecciones y la capacidad de la misma. (TRB 2010).

2.2.2 Teoría de tráfico

El tráfico se enfoca de diversas perspectivas, Manheim (1984) reconoce la importancia de estudiarlo como fenómeno físico explica que un sistema de actividades y un sistema de transporte genere a corto plazo un patrón de viajes, este patrón de viajes produce a mediano plazo cambios en el sistema de transporte y a largo plazo cambios en el sistema de actividades, la forma en que se manifiestan estos desplazamientos es a través del tránsito o tráfico, que se refiere a la circulación de personas en espacios públicos a través de distintas formas de transporte.(Rodrigo Fernandez, 2011).

2.2.3 Conflictos de tráfico

Ocurre cuando dos o más individuos intentan utilizar al mismo tiempo el mismo recurso dentro del sistema de transporte, como un segmento de carretera o una zona en una intersección. Existen tres tipos principales de conflictos de tráfico: (Rodrigo Fernández, 2011).

- a) **Conflictos concurrentiales:** Ocurren en una misma porción de vía circulando en la misma dirección, pero con distintas velocidades. (Rodrigo Fernandez, 2011).
- b) **Conflictos direccionales:** Ocurren en la misma área de una intersección debido a las distintas maniobras que realizan los vehículos. (Rodrigo Fernandez, 2011).



- c) **Conflictos funcionales:** Ocurren en el mismo lugar de un terminal por distintos objetivos de los vehículos por ejemplo el vehículo 1 quiere circular y el vehículo 2 detenerse para tomar o dejar pasajeros o carga. (Rodrigo Fernandez, 2011).

Modelo de circulación continua.

Caracterizada por la ausencia de detenciones obligadas como dispositivos en intersecciones; sin embargo, se producen detenciones por las interacciones entre vehículos es decir producto de conflictos concurrentiales. (Rodrigo Fernández, 2011).

Modelo de circulación interrumpida

Es la más frecuente en el casco urbano y se caracteriza por presencia de detenciones ocasionadas por conflictos direccionales por ejemplo en las intersecciones semaforizadas y también por conflictos funcionales por ejemplo la presencia de una rotonda o estacionamientos. (Rodrigo Fernández, 2011).

2.2.4 Semáforos

Dispositivos electrónicos diseñados para optimizar la regulación del tránsito tanto de vehículos como de peatones, cuyo objetivo principal es permitir el paso alternativo de los flujos vehiculares, garantizando así un uso ordenado y seguro de las vías. (Cal & Cárdenas, 2011).

2.2.4.1 Semáforos de tiempo fijo

Estos dispositivos se emplean en intersecciones donde los patrones de movimiento son relativamente estables, o pueden aplicarse en aquellas con



variaciones en la intensidad del tráfico que se ajusten a un programa planificado sin causar demoras ni congestiones excesivas. Para su correcta implementación, este tipo de semáforos debe cumplir con ciertas condiciones mínimas: un volumen mínimo de vehículos, interrupción del tránsito continuo, un número mínimo de peatones, circulación progresiva y antecedentes sobre accidentes, o una combinación de estos requisitos.(Cal & Cárdenas, 2011).

2.2.5 Distribución de tiempos en los semáforos

En una intersección el flujo total de vehículos debe ser dividido en diferentes fases de movimientos en la que cada una de ellas tiene diferentes desplazamientos de vehículos se definen los siguientes términos básicos. (Cal & Cárdenas, 2011).

- **Longitud de ciclo:** El tiempo utilizado para completar todas las fases del semáforo.
- **Intervalo:** Las divisiones del ciclo durante el cual no cambia de fase.
- **Fase:** Una porción del ciclo asignada a una combinación de uno o más movimientos que tienen derecho de paso durante uno o más intervalos.
- **Intervalo verde:** Intervalo de derecho de pase.
- **Intervalo de cambio:** Duración en la fase amarilla del semáforo.
- **Intervalo de despeje o todo rojo:** El tiempo de exposición de la luz roja se aplica a todo el tránsito que se prepara para ingresar a la intersección, utilizándose después de la fase amarilla. Su objetivo es proporcionar un tiempo adicional para que los vehículos que pierden el derecho de paso puedan despejar la intersección antes de que los vehículos con derecho de paso reciban la luz verde. Este tipo de señalización es especialmente útil



en intersecciones amplias y también puede implementarse para crear una fase exclusiva para peatones

- **Intervalo de cambio de fase:** Se puede incluir solo la fase de intervalo amarillo o adicionar el todo rojo..

2.2.6 Ingeniería de tránsito y la micro simulación

Es una rama de la ingeniería de transporte que se centra en la planificación y operación del tránsito en calles, carreteras y redes, así como en su interrelación con otros modos de transporte optimizando el transporte de personas y mercancías, haciéndolo más eficiente, seguro y rápido. (Cal & Cárdenas, 2011)

Con el avance de la tecnología se observa que la microsimulación aplicada a un flujo vehicular representa con detalle la respuesta en el comportamiento vehicular y el entorno pudiendo adoptar tramos de vía, intersecciones y paraderos con el fin de resolver problemas de demoras en los vehículos.(Fernández & Leay, 2010)

La evolución de modelos de simulación creó softwares comerciales con herramientas versátiles para analizar a nivel local y global sistemas de transporte rentables.

2.2.7 Nivel de servicio vehicular

Refleja el grado de satisfacción y confort que experimenta el usuario. En el caso de intersecciones semaforizadas, este nivel se evalúa a través de la demora, que se define como la medida de incomodidad, frustración, consumo de combustible y tiempo de viaje perdido. Existen seis categorías diferentes:(TRB, 2010).

- a) **Nivel de servicio A:** Ocurre cuando hay un avance favorable con demoras inferiores a 5,0 segundos por vehículo. :(TRB, 2010).
- b) **Nivel de servicio B:** Ocurre cuando hay buena progresión y ciclos cortos con demoras entre 5,1 a 15,0 segundos por vehículo. :(TRB, 2010).
- c) **Nivel de servicio C:** Ocurre cuando hay buena progresión de calidad regular y ciclos más prolongados con demoras entre 15,1 a 25,0 segundos por vehículo. :(TRB, 2010).
- d) **Nivel de servicio D:** Ocurre cuando las demoras fluctúan entre 25,1 a 40,0 segundos por vehículo, la influencia de la congestión se hace más notable debido a ciclos más prolongados. :(TRB, 2010).
- e) **Nivel de servicio E:** Ocurre cuando las demoras fluctúan entre 40,1 a 60,0 segundos por vehículo, considerado el límite de demora aceptable debido a un avance lento y largas duraciones de ciclo. :(TRB, 2010).
- f) **Nivel de servicio F:** Ocurre cuando las demoras superan los 60,1 segundos por vehículo, considerado inaceptable por la mayoría de los conductores producida generalmente cuando la intensidad de circulación de llegada supera la capacidad de la intersección. :(TRB, 2010).

Tabla 2

Nivel de servicio vehicular en intersecciones semaforizadas

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA POR PARADA POR VEHICULO
A	<5,0
B	5,1 a 15,0
C	15,1 a 25,0
D	25,1 a 40,0
E	40,1 a 60,0
F	>60,0

Nota. Fuente: Manual HCM versión 2010



2.2.8 Flujo peatonal

Muestra la comodidad del usuario en ese sentido dado que este mide el grado amigable que tiene el sector para con los peatones (TRB 2010), existen aspectos constantes en las mediciones de la transpirabilidad los cuales son:(Hutabarat Lo, 2009):

- a) Presencia de las aceras
- b) Características de acceso universal y su conectividad
- c) Seguridad de cruce.
- d) Ausencia de tráfico pesado y de velocidad elevada.
- e) Distanciamiento de peatones
- f) Uso de suelo.
- g) El efecto del paisaje.
- h) Interés de la visibilidad en las condiciones locales definidas.
- i) Seguridad real o percibida.

2.2.9 Nivel de servicio en zonas peatonales.

La calidad de la circulación se ve influenciada por intervalos de superficie por peatón, intensidades y velocidades siendo este último más importante debido a la sencilla observación y por qué describe mejor la calidad de confort en los peatones.

La capacidad para mantener la intensidad de circulación en sentido contrario ante la oposición de la intensidad peatonal en el sentido más cargado también es otro indicador del nivel de servicio peatonal.

Por lo tanto, tenemos niveles de servicio divididos en:

Tabla 3*Nivel de servicio peatonal*

Nivel de servicio	Superficie (m ² /pt)	Intensidades y velocidades esperadas		
		Velocidad media (m/min)	Intensidad (pt/min/m ²)	Relación (Vol/cap)
A	≥ 11.70	≥ 78	≥ 7	≥ 0.08
B	≥ 3.60	≥ 75	≥ 23	≥ 0.28
C	≥ 2.16	≥ 72	≥ 33	≥ 0.40
D	≥ 1.35	≥ 68	≥ 49	≥ 0.60
E	≥ 0.54	≥ 45	≥ 82	≥ 1.00
F	< 0.54	< 45	Variable	

Nota: Fuente: Manual HCM versión 2010

2.2.10 Nivel de servicio en zonas de formación de colas.

En estas zonas el peatón está parado temporalmente mientras espera que le presten cierto servicio. El nivel de servicio de estas zonas de espera depende de la superficie media disponible por cada peatón y del grado de movilidad permitida; los tipos de niveles de servicio son (TRB 2010):

- a) **Nivel de servicio A:** Ocupación media de la zona peatonal 1.17 m²/ pt es posible la libre circulación en la zona de espera sin causar molestias a los integrantes de las colas. (TRB 2010)
- b) **Nivel de servicio B:** Ocupación media de la zona peatonal 0.9 a 1.17 m²/ pt circulación parcialmente restringida en la zona de espera sin causar molestias a los integrantes de las colas. (TRB 2010)
- c) **Nivel de servicio C:** Ocupación media de la zona peatonal 0.63 a 0.9 m²/ pt circulación restringida en la zona de espera causando molestias a los



integrantes de estas; esta densidad determina el límite de la comodidad de las personas. (TRB 2010)

- d) **Nivel de servicio D:** Ocupación media de la zona peatonal 0.27 a 0.63 m²/pt es posible la parada sin el contacto físico, circulación muy restringida en la zona de espera y el movimiento hacia adelante es posible para todo el grupo en conjunto. Con esta densidad la espera prolongada resulta incomoda. (TRB 2010)
- e) **Nivel de servicio E:** Ocupación media de la zona peatonal 0.18 a 0.27 m²/pt el contacto físico en la parada es inevitable, no es posible la circulación en la cola (TRB 2010)
- f) **Nivel de servicio F:** Ocupación media de la zona peatonal 0.18 m²/pt o menos prácticamente todas las personas están en contacto físico con aquellas que los rodean, esta densidad resulta extremadamente incomodo. (TRB 2010)

2.2.11 Microsimulación

La microsimulación ayuda a tomar decisiones representativas de grandes poblaciones debido a que opera a nivel conductual individual, como por ejemplo una persona o familias; de estos modelos se pueden extraer conclusiones aplicados a niveles altos de agregación (Statistics Canada, 2022).

Este tipo de simulación microscópica permite modelar un transporte multimodal creando condiciones para probar distintos escenarios de tráfico antes de su realización, a la par se puede también analizar simulaciones de peatones. (PTV Group, 2017)



2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Capacidad.

Máxima cantidad de vehículos que circulan por un área durante un tiempo específico. Si hay congestión la demanda es mayor que la capacidad (Cal & Cárdenas, 2011)

2.3.2 Densidad.

Cantidad de vehículos que ocupan una longitud específica de un tramo de vía en un momento específico, expresado en (veh/km). (Cal & Cárdenas, 2011)

2.3.3 Demanda.

Cantidad vehicular y peatonal que desean viajar y circulan por un punto durante un tiempo específico. (Cal & Cárdenas, 2011)

2.3.4 Demora.

Es el tiempo inesperado perdido en el viaje, cuando es una carretera de dos vías esta es la única medida para definir el nivel de servicio. (TRB, 2010)

2.3.5 Peatón.

Población en general desde personas 1 año hasta 100 años de edad, se lo estudia debido a la vulnerabilidad convirtiéndolo en un componente indispensable en la seguridad vial. (Cal & Cárdenas, 2011)

2.3.6 Flujo de saturación.

Numero de vehículos que transitan en el carril o grupo de carriles estando en fase de luz verde. (Transportation research board, 2010)



2.3.7 Hora pico.

Hora punta cuando el volumen vehicular es el más alto (Transportation research board, 2010)

2.3.8 Transito.

Circulación de vehículos dentro de la infraestructura vial. (Transportation research board, 2010)

2.3.9 Volumen.

Cantidad vehicular y peatonal que circulan o pasan por un punto durante un tiempo específico. (Cal & Cárdenas, 2011).

2.3.10 Semáforos fijos.

Son aquellos con una secuencia de fases fijas programadas en intervalos.(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016).

2.3.11 Intersecciones.

En vías urbanas se refiere como intersección al cruce de dos o más vías a nivel o empalmes de vías a nivel.(Automóvil club del Ecuador., 2004)

2.3.12 Seguridad

En carreteras o vías urbanas se refiere a lograr operaciones y viajes seguros eficientes y cómodos evitando accidentes.(Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013)



2.3.13 Pasos peatonales.

Es una parte de la intersección ubicada en la calzada para que los peatones crucen y ante la que los conductores deben ceder el paso.(Real Academia Española, s/f)

2.3.14 Riesgo

Se refiere a los daños potenciales que pueden presentarse por influencia de elementos físicos de origen natural o humano no intencionado, en un intervalo de tiempo determinado por el grado de vulnerabilidad en los elementos expuestos.(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s/f)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se utiliza un enfoque cuantitativo puesto que utiliza herramientas para recolectar información y medir las variables. Mediante aforo vehicular y peatonal se recolectará información.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Tiene un nivel aplicativo porque se busca solucionar el problema ya descrito Se aborda el tema empezando del tráfico y problemas de conflicto en intersecciones.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

No experimental porque se estudia los fenómenos como ocurren en la realidad para evaluarlos después.

3.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Comprende la semana comprendida de los días lunes 04 de septiembre del 2023 hasta el domingo 10 de septiembre del mismo año. Se escogió una semana normal sin actividades ni festividades que alteren los datos.

3.5 POBLACIÓN

Corresponde al aforo vehicular en la intersección semaforizada de los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre durante 24h x 7 días en veh/hora.

3.6 MUESTRA

Tenemos un tipo de muestra no probabilístico por lo que su procedimiento de selección es informal y poco arbitrario (Hernández Sampieri et al., 2010); utilizando como muestra 1 hora x día entre las 18-19 horas al tener este horario datos menos dispersos entre si como se observa en la Tabla 4 luego de aplicar una desviación estándar en tres turnos del día.

Tabla 4

Desviación estándar de los aforos vehiculares de las 4 calles durante la semana

Horario	Tacna				
0-8	154,49	137,33	134,37	125,97	126,22
8-16	33,51	79,12	27,33	95,31	25,68
16-24	105,16	119,13	113,57	105,25	107,85
La Torre					
0-8	418,15	376,35	316,11	244,90	365,16
8-16	122,27	95,20	133,80	247,05	96,26
16-24	264,26	260,80	203,50	284,17	246,04
Cahuide					
0-8	265,64	226,43	224,97	208,62	106,51
8-16	69,56	78,05	74,21	88,58	131,92
16-24	224,53	209,78	226,39	198,04	214,03
Los Incas					
0-8	103,54	84,15	84,26	87,44	83,48
8-16	38,24	84,27	35,90	46,44	49,85
16-24	108,60	86,54	101,69	101,68	79,91
Diferencia de desviación estándar					
0-8					334,66
8-16					221,37
16-24					204,26

Como se observa el horario con menor dispersión de datos es de 16-24 horas, la hora pico encontrada entre las 4 calles teniendo como preferencia las avenidas principales que son Avenida La Torre y Jirón Cahuide es de 18-19 horas como se observa en la Figura 1 los jirones Tacna, Los Incas al ser secundarias y tener valores bajos se consideró como calles congestionadas en ese horario. Por lo tanto, se tomará como muestra este horario para el análisis del nivel de servicio vehicular y aforo y flujo peatonal.

Figura 1

Tabla dinámica del aforo vehicular de 16-24 horas de las 4 calles.



3.7 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

PRIMERA FASE

Se recopiló información sobre formas de estudiar intersecciones semaforizadas en base a estudios previos realizados en ciudades con una existente planificación vial. Se escogió una intersección con bastante densidad peatonal que no brinda seguridad



adecuada en sus cruces peatonales y que entra en conflicto con el aforo peatonal en horas punta.

SEGUNDA FASE

Se realizó el registro de datos de campo se pidió permiso a la MPP a la subgerencia de seguridad ciudadana mediante trámite N. 202324166937 para obtener una copia de las grabaciones de las cámaras ubicadas en el mercado central las 24 horas del día del 04 al 10 de septiembre, también se instaló una cámara de apoyo con enfoque en el Jirón Cahuide, aforando todos los días de la semana por horas.

TERCERA FASE

Se extrajo la información de aforo vehicular a partir de fichas y procesando esta data para obtener las horas de mayor tráfico vehicular, usando estadística para escoger una hora específica y aplicar el método HCM versión 2010 para tener una propuesta del tiempo de ciclo que nos pide 15 min por simulación luego se aforo los peatones en los 15 minutos escogidos.

Se extrajo datos de ciclos semafóricos de todos los dispositivos que intervienen en la intersección y se extrajo el porcentaje de vehículos que usan las distintas vías de entrada y salida.

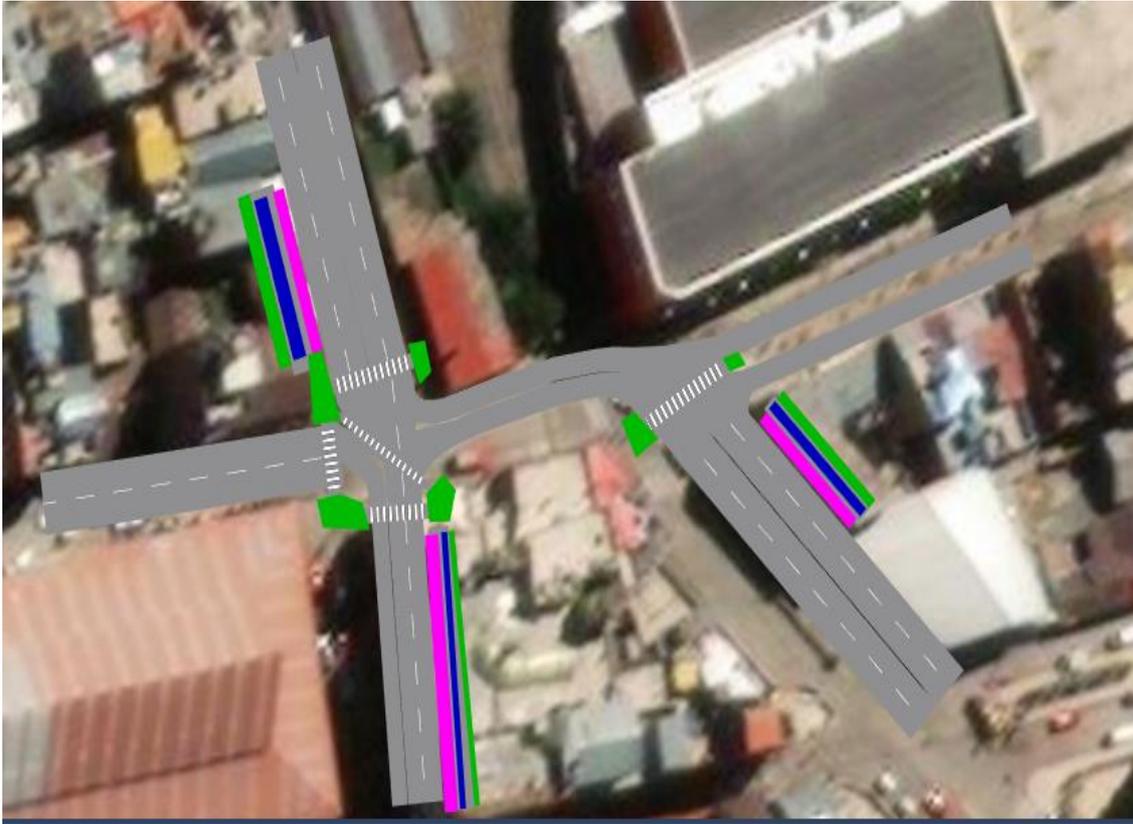
CUARTA FASE

Compre el modelamiento en el software PTV VISSIM simulando los tramos utilizados por vehículos, tipo de vehículos, paraderos formales e informales, semaforización vehicular y peatonal y cruces peatonales más usados para posteriormente obtener los niveles de servicios vehiculares en la Avenida La Torre y los Jirones Cahuide,

Los Incas y Tacna y el flujo peatonal interpretado como densidad peatonal en las líneas peatonales de la intersección como se muestra en la **Figura 2**

Figura 2

Modelo en PTV VISSIM de la intersección estudiada.



QUINTA FASE

Comprende la mejora del nivel de servicio optimizando los ciclos de los semáforos de acuerdo a la metodología del HCM versión 2010, mejorar el ciclo actual y la propuesta de acuerdo a la metodología HCM versión 2010 con el software SYNCHRO v12 y creando una vía independiente en el Jirón Tacna para los vehículos que se dirijan a Jirón Oquendo. Para su posterior modelamiento en el software PTV VISSIM y analizar las mejoras en los niveles de servicio vehicular y flujo peatonal.

3.8 RECOLECCION DE DATOS

El registro de aforo vehicular se lleva a cabo los días 04 al 10 de septiembre del 2023 durante las 24 horas las grabaciones proporcionadas por la MPP enfocaban Avenida La Torre y los Jirones Los Incas y Tacna, en cuanto a Jirón Cahuide se instaló una cámara desde donde se visualizó la intersección desde el Jirón Cahuide.

Con estas grabaciones se procedió a realizar el aforo vehicular de las calles mencionadas detallando el tipo de vehículo y entrada y salida de la calle de acuerdo a la siguiente ficha. De la Tabla 5 Para mayores detalles se presentan el resto de aforos en los anexos.

Tabla 5

Aforo vehicular de la Avenida La Torre

ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR														
04/09/2023		Tramo Avenida La Torre												
Hora		Triciclo	Moto L	Torito	Motocarga	Taxis Yaris	Autos	Pick Ups	Bufalos	Mercedez b	Interprov.	2 ejes	3 ejes	Total
0-1	E	1	1	2	0	102	0	0	0	2	0	0	0	108
	S	0	0	0	0	77	0	0	2	3	0	0	0	82
1-2	E	0	1	1	1	89	0	1	1	0	0	0	1	95
	S	0	0	0	0	50	1	4	2	1	0	2	0	60
2-3	E	1	0	0	1	78	0	3	0	0	0	3	0	86
	S	0	0	0	0	57	0	4	1	0	0	0	0	62
3-4	E	0	0	1	4	81	0	3	2	0	0	1	0	92
	S	1	1	4	0	52	0	3	4	1	0	0	0	66
4-5	E	0	0	31	1	134	0	6	6	1	0	2	0	181
	S	0	2	12	0	62	0	0	8	0	2	2	2	90
5-6	E	1	3	40	2	133	1	4	42	1	0	1	0	228
	S	0	1	14	0	65	0	2	52	1	0	2	2	139
6-7	E	0	6	84	1	151	0	12	83	6	4	4	1	352



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

	S	2	2	27	0	60	0	8	134	1	0	1	2	237
7-8	E	2	22	280	2	255	177	30	143	6	2	3	0	922
	S	1	9	81	1	160	0	20	257	3	1	4	0	537
8-9	E	1	21	230	2	381	24	28	155	3	0	0	0	845
	S	3	8	52	2	97	5	16	247	3	0	6	3	442
9-10	E	2	23	159	1	307	22	32	122	3	1	12	0	684
	S	2	5	33	1	89	8	14	201	0	0	4	0	357
10-11	E	1	27	109	2	303	28	26	128	2	0	8	1	635
	S	3	10	23	0	60	4	6	182	1	0	3	0	292
11-12	E	3	20	129	3	290	29	25	128	6	0	3	1	637
	S	2	9	17	0	71	11	10	200	2	0	4	0	326
12-13	E	2	28	170	5	393	26	29	139	3	1	6	1	803
	S	3	19	36	2	98	17	13	201	2	0	2	0	393
13-14	E	2	19	167	2	410	38	20	138	5	1	3	1	806
	S	1	8	41	2	99	17	8	208	4	1	3	0	392
14-15	E	2	22	120	2	422	32	29	136	1	0	4	0	770
	S	1	4	37	1	97	12	24	189	1	0	0	1	367
15-16	E	0	25	117	4	289	36	26	117	4	0	3	0	621
	S	3	8	21	4	90	9	14	209	0	1	6	1	366
16-17	E	1	29	127	1	330	32	40	132	3	1	5	0	701
	S	1	17	20	0	96	8	15	223	0	1	2	0	383
17-18	E	0	32	103	2	342	25	25	138	4	0	5	0	676
	S	0	10	25	1	103	8	13	221	1	0	1	0	383
18-19	E	1	44	83	1	355	29	26	218	5	0	3	1	766
	S	0	12	18	1	86	10	13	251	1	0	2	0	394
19-20	E	0	46	39	1	367	21	12	139	1	1	5	1	633
	S	0	5	5	1	70	7	6	208	0	0	2	0	304
20-21	E	1	25	60	3	370	25	18	111	1	0	0	0	614
	S	0	9	18	0	72	4	8	157	1	0	3	0	272
21-22	E	0	21	39	0	344	23	16	100	1	0	3	0	547
	S	1	7	13	0	55	5	3	113	4	0	0	0	201
22-23	E	1	1	23	1	277	12	8	42	1	0	1	0	367
	S	0	2	8	0	78	4	4	57	6	0	0	0	159
23-24	E	0	10	10	0	211	7	4	7	1	0	1	0	251
	S	0	0	5	0	76	3	4	14	5	1	0	1	109

Nota: Se considero entradas y salidas de acuerdo al tipo de vehículos que circulan esta intersección.

Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 5 se procede a realizar el conteo vehicular cada 15 min y las rutas usadas en el horario de 18-19 de acuerdo a los resultados mostrados.

Tabla 6

Rutas tomadas por los vehículos que ingresan a La Torre separados cada 15 min

ENTRADA TORRE	15 min			30 min			45 min			1 hora		
	T1	SI1	SC1									
04-Set												
Lineal + triciclo			1	2		1	2		6	9		5
Torito + Motocarga	14	18	10	7	20	7	17	13	12	12	23	10
Yaris + Auto	40	19	25	42	30	34	43	35	37	42	20	36
Pick up	3	1	2	5	3	1	6		2	3		2
Bufalo + Benz	15	3	20	14		15	20		15	17	1	15
Carga otros	2		1	1	1	1	2			2		1
Total			174			184			210			198

Por la poca cantidad de algunos tipos de vehículos se agruparon de acuerdo al peso o tipo de función de cada uno contabilizando por cada grupo la ruta que utilizan el **Tabla 6** se observa que se contabilizan los grupos que entran a la Avenida La Torre desde Jirón Tacna (T1), Los Incas (SI1) y Cahuide (SC1) cada 15 min y expresados en porcentajes

Tabla 7

Aforo vehicular de la salida de La Torre y porcentajes por tipo de vehículos

Salida Torre	15 min		30 min		45 min		1 hora		Total	
	ST 1	ST 2	ST 1	ST 2	ST 1	ST 2	ST 1	ST 2		
Lineal + triciclo	2	2	5	1	6	1	4	1	0.056	
Torito + Motocarga	9	1	7	6	7	3	3	4	0.102	
Yaris + Auto	23	3	25	8	32	11	21	3	0.320	
Pick up	1	1	3	1	3	1	3	0	0.033	
Bufalo + Benz	31	0	52	1	55	1	50	0	0.482	
Carga otros	1	0	1	0	0	0	0	1	0.008	
Totales			74		110		120		90	1

El programa requiere datos de salidas de las calles expresados en porcentajes con direcciones al Jirón Cahuide (ST1) y a Los Incas (ST2) como se observa en la Tabla 7

Aforo peatonal.

Obteniendo los 15 min con más congestión vehicular se aforo los peatones en ese intervalo de tiempo de acuerdo a la ruta que tomaban como se muestra en la Tabla 8

Tabla 8

Aforo peatonal de los 15 más congestionados.

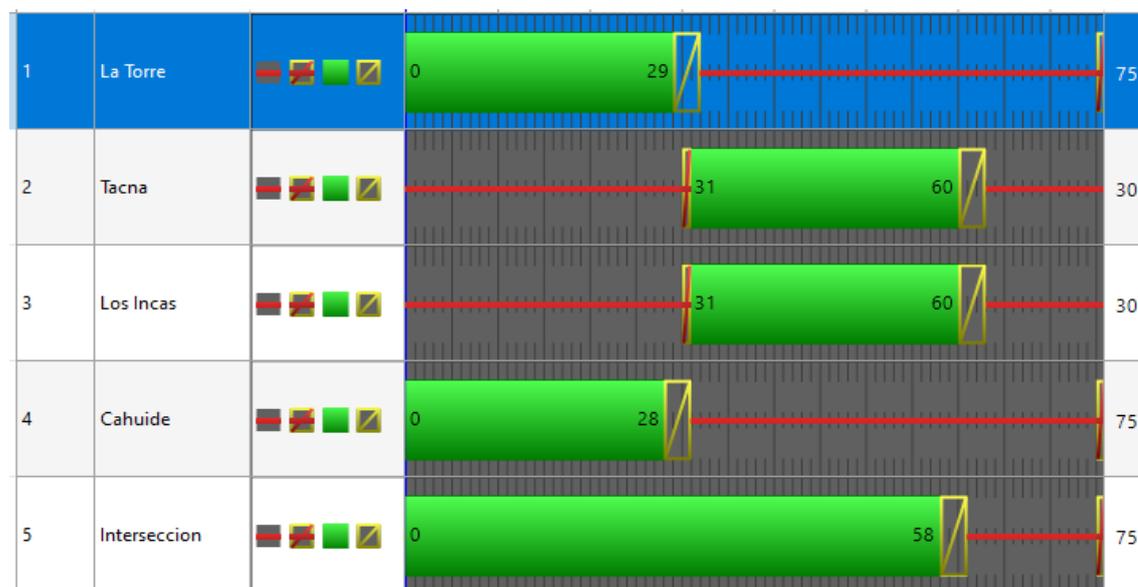
	15 min				
	Torre	Cahuide	Tacna	Tacna	Oquendo
Este a oeste	190	50	142	84	84
Oeste a este	121	233	192	82	60

Reglaje de los semáforos.

Se obtuvo observando los ciclos de cada calle incluyendo un semáforo adicional que se encuentra en la intersección de las 4 calles como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Reglaje semafórico actual.



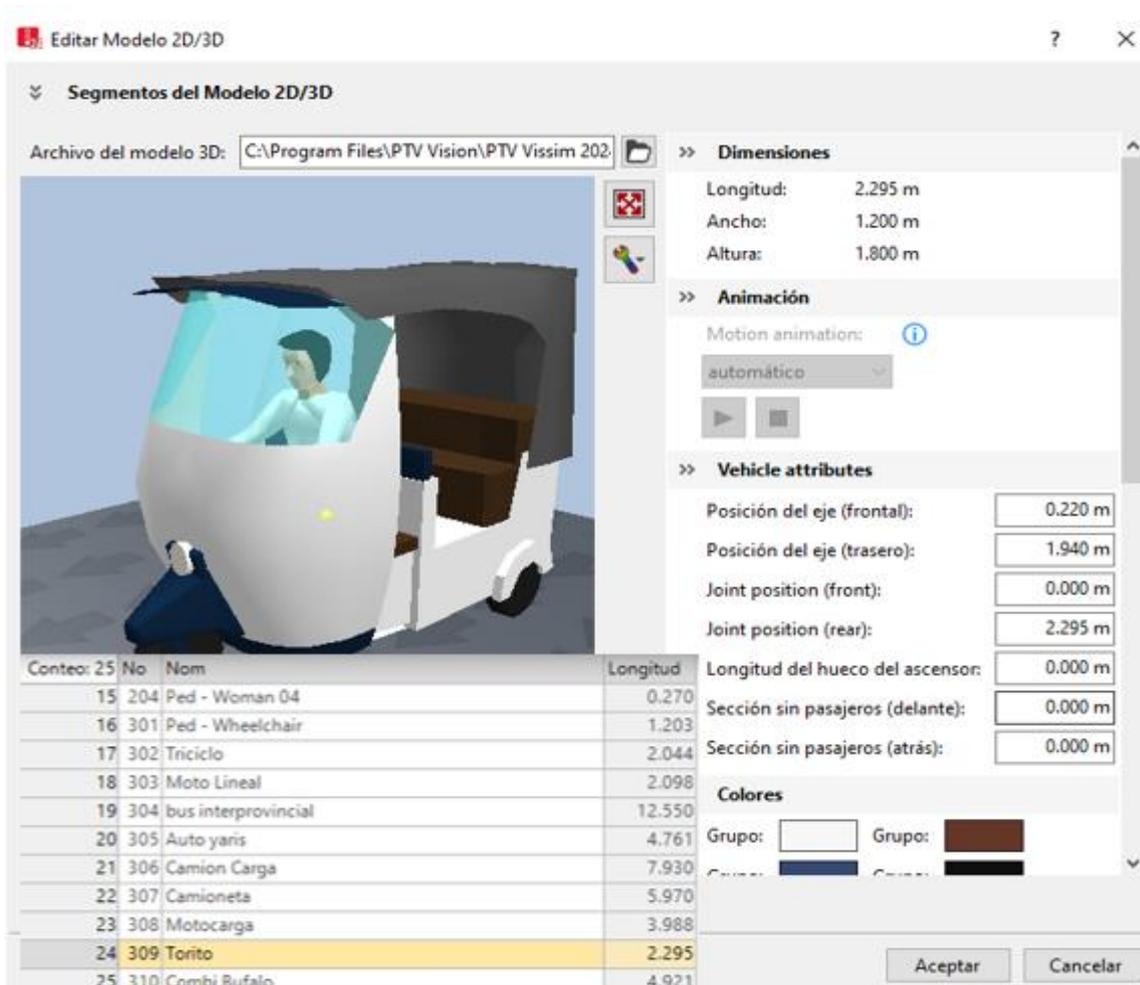
3.9 OBTENCIÓN DE RESULTADOS SEGÚN EL PROGRAMA PTV VISSIM

Con estos datos recolectados se procede a modelar la información en el programa PTV VISSIM de acuerdo a los siguientes pasos.

1. Configuramos los tipos de vehículos que usaremos pudiendo cambiar las dimensiones de este y cambiando el nombre a nuestra realidad.

Figura 4

Tipo de vehículos insertados.

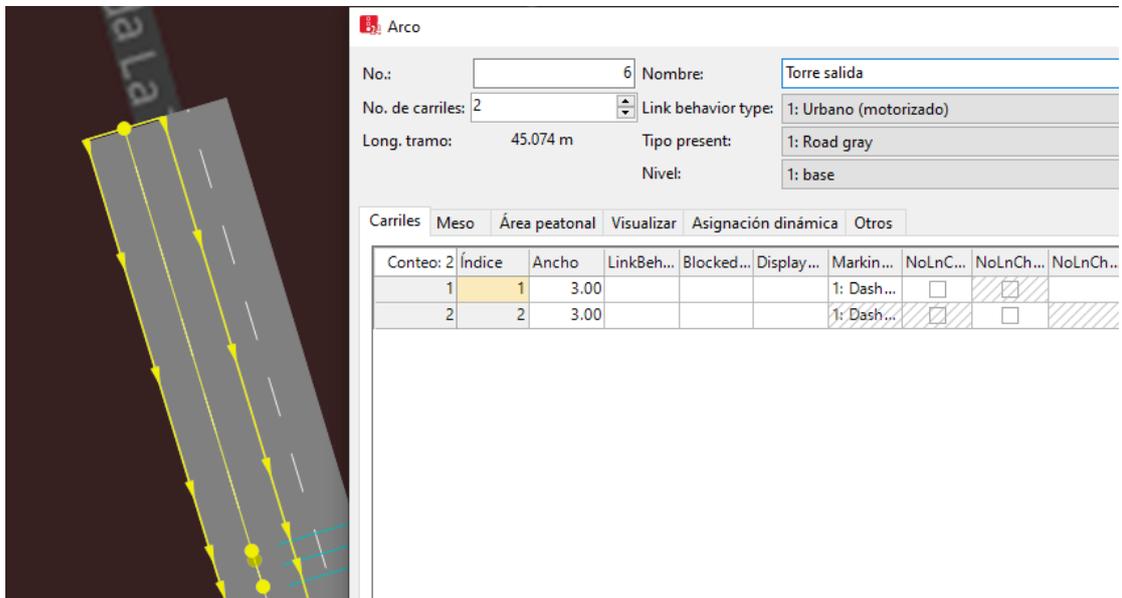


Nota. Fuente: PTV VISSIM.

2. Una vez ubicado la intersección dibujamos la Avenida y los Jirones con sus respectivos carriles y anchos de carriles

Figura5

Dibujo de los tramos y anchos de calzada.



Nota. Fuente: PTV VISSIM.

- Añadimos la composición vehicular de acuerdo a cada calle que aforamos con el porcentaje respetando el tipo de vehículo definido que circulan por estas

Figura6

Porcentaje de vehículos que salen de La Torre.

Conteo: 5	No	Nom
1	5	SALIDA LA TORRE
2	7	SALIDA CAHUIDE
3	9	SALIDA LOS INCAS
4	10	TACNA
5	11	PEATONES

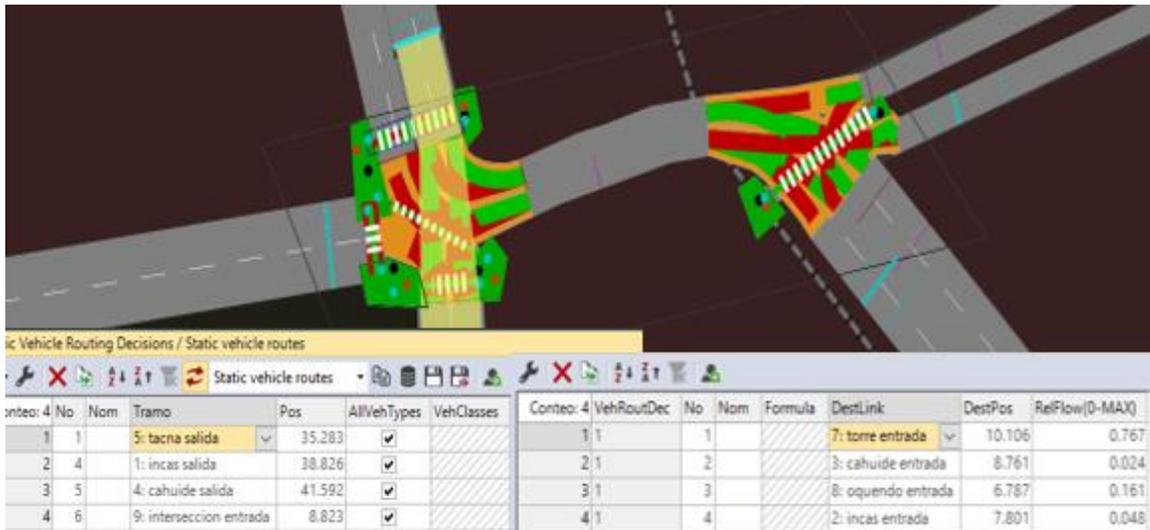
Conteo: 6	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	640: Moto Lineal	5: 5 km/h	0.054
2	660: Auto yaris	5: 5 km/h	0.320
3	670: Camion Carga	5: 5 km/h	0.007
4	680: CAmioneta Pick up	5: 5 km/h	0.032
5	700: Torito	5: 5 km/h	0.098
6	730: Combis bufalos	5: 5 km/h	0.490

Nota. Fuente: PTV VISSIM.

- Luego de crear las intersecciones añadimos las diferentes rutas que tomaran los vehículos en porcentaje como se detalla en la figura 7.

Figura 7

Rutas de los vehículos que salen de todas las calles



Nota. Fuente: PTV VISSIM.

- Para la introducción de los peatones creamos áreas y agregamos la cantidad de peatones que circulan por estos.

Figura 8

Creación de áreas para usarlos como pasos peatonales.

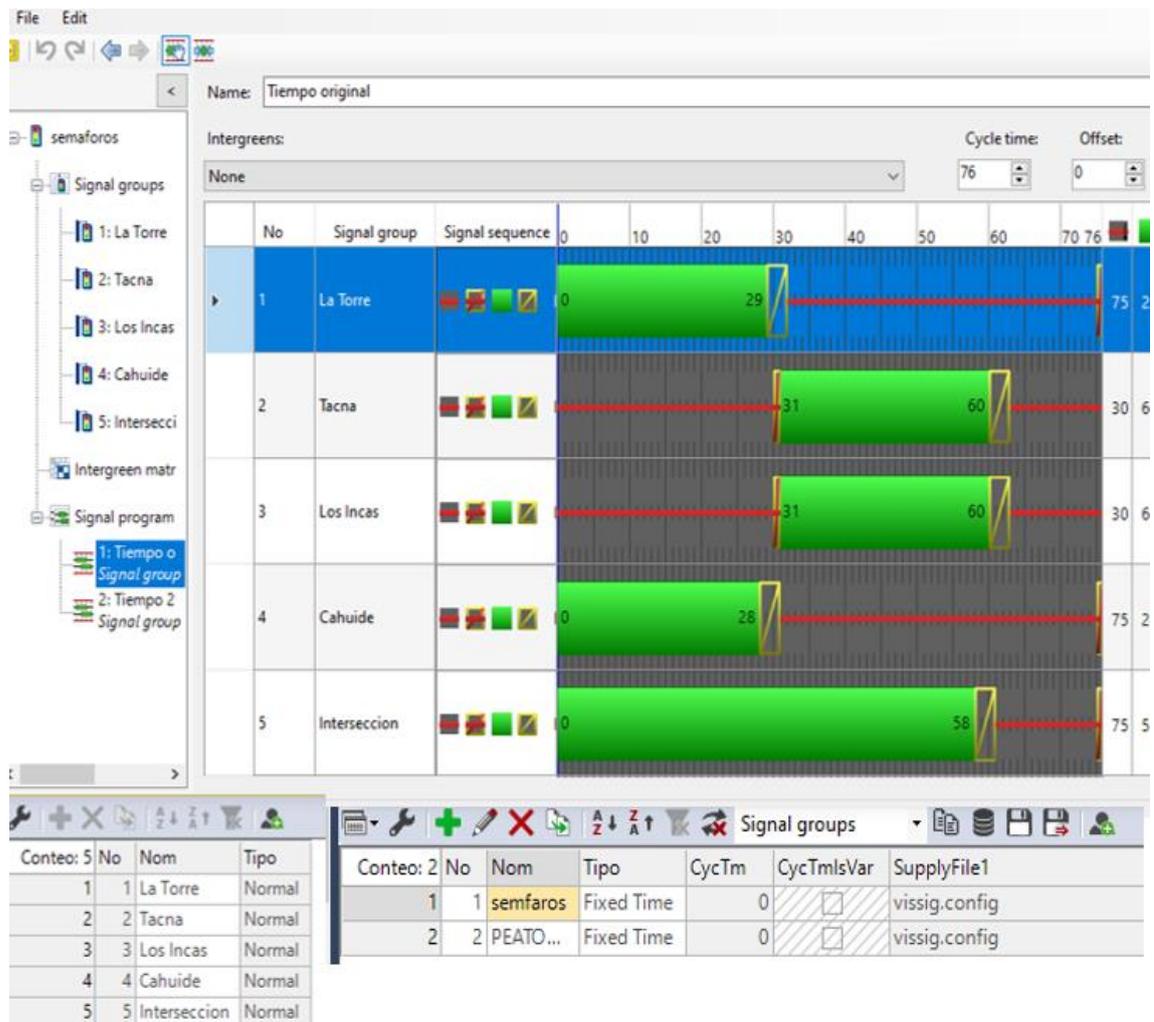


Nota. Fuente: PTV VISSIM.

- Para controlar la simulación de los semáforos añadimos un reglaje de semáforos y los colocamos en el programa de acuerdo al tipo de semáforo y lo guardamos como un reglaje de semáforo numero 1 o microsimulación 1.

Figura 9

Reglaje semafórico introducido en el programa.



Nota. Fuente: PTV VISSIM.

- Finalmente corremos la simulación del programa y observamos los resultados, para los resultados de vehículos usamos “nodos” para obtener el nivel de servicio como se puede observar en la figura 10.

Figura 10

Resultados de nivel de servicio vehicular.

4	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(todos)	Pers(todos)	LOS(todos)
1	31	0-600	1: Resultados - 1: incas salida@45.5 - 3: cahuide entrada@7.0	44.76	52.76	3	3	LOS_D
2	31	0-600	1: Resultados - 1: incas salida@45.5 - 7: torre entrada@3.9	44.76	52.76	0	0	LOS_A
3	31	0-600	1: Resultados - 4: cahuide salida@40.6 - 2: incas entrada@2.9	39.90	52.91	7	7	LOS_D
4	31	0-600	1: Resultados - 4: cahuide salida@40.6 - 7: torre entrada@3.9	39.90	52.91	0	0	LOS_A
5	31	0-600	1: Resultados - 5: tacna salida@35.2 - 2: incas entrada@2.9	42.48	46.81	0	0	LOS_A
6	31	0-600	1: Resultados - 5: tacna salida@35.2 - 3: cahuide entrada@7.0	42.48	46.81	0	0	LOS_A
7	31	0-600	1: Resultados - 5: tacna salida@35.2 - 7: torre entrada@3.9	42.48	46.81	4	4	LOS_F
8	31	0-600	1: Resultados - 5: tacna salida@35.2 - 8: oquendo entrada@10.1	42.48	46.81	1	1	LOS_F
9	31	0-600	1: Resultados - 6: torre salida@40.8 - 2: incas entrada@2.9	39.38	49.93	1	1	LOS_F
0	31	0-600	1: Resultados - 6: torre salida@40.8 - 3: cahuide entrada@7.0	39.38	49.93	7	7	LOS_F
1	31	0-600	1: Resultados	41.18	52.91	23	23	LOS_F

Nota. Fuente: PTV VISSIM.

- Para los resultados del flujo peatonal lo hacemos por áreas creadas ubicadas en las cebras peatonales como se detalla en el contenido de la figura 11.

Figura 11

Resultados de la densidad peatonal.

Contec: 13	SimRun	TimeInt	AreaMeasurement	NumPedsAvg(todos)	NumPedsMax(todos)	OrientXAvg(todos)	OrientYAvg(todos)	DensMin	DensAvg	DensMax
1	27	0-3600	1: Torre	8.38	21	0.2176	0.0745	0.00	0.33	0.84
2	28	0-3600	1: Torre	8.38	21	0.2176	0.0745	0.00	0.33	0.84
3	29	0-3600	1: Torre	7.73	17	0.2580	0.0917	0.00	0.31	0.68
4	30	0-3600	1: Torre	8.20	17	0.2503	0.0887	0.00	0.33	0.68
5	31	0-3600	1: Torre	12.19	29	0.1288	0.0324	0.00	0.49	1.16
6	32	0-3600	1: Torre	3.86	12	-0.1117	-0.0177	0.00	0.15	0.48
7	33	0-3600	1: Torre	12.19	29	0.1288	0.0324	0.00	0.49	1.16
8	34	0-3600	1: Torre	12.64	29	0.1408	0.0257	0.00	0.50	1.16
9	35	0-3600	1: Torre	11.88	25	0.1144	0.0323	0.00	0.47	1.00
10	Average	0-3600	1: Torre	9.49	22	0.1494	0.0483	0.00	0.38	0.89
11	Standard deviati...	0-3600	1: Torre	2.94	6	0.1127	0.0362	0.00	0.12	0.25

Nota. Fuente: PTV VISSIM.

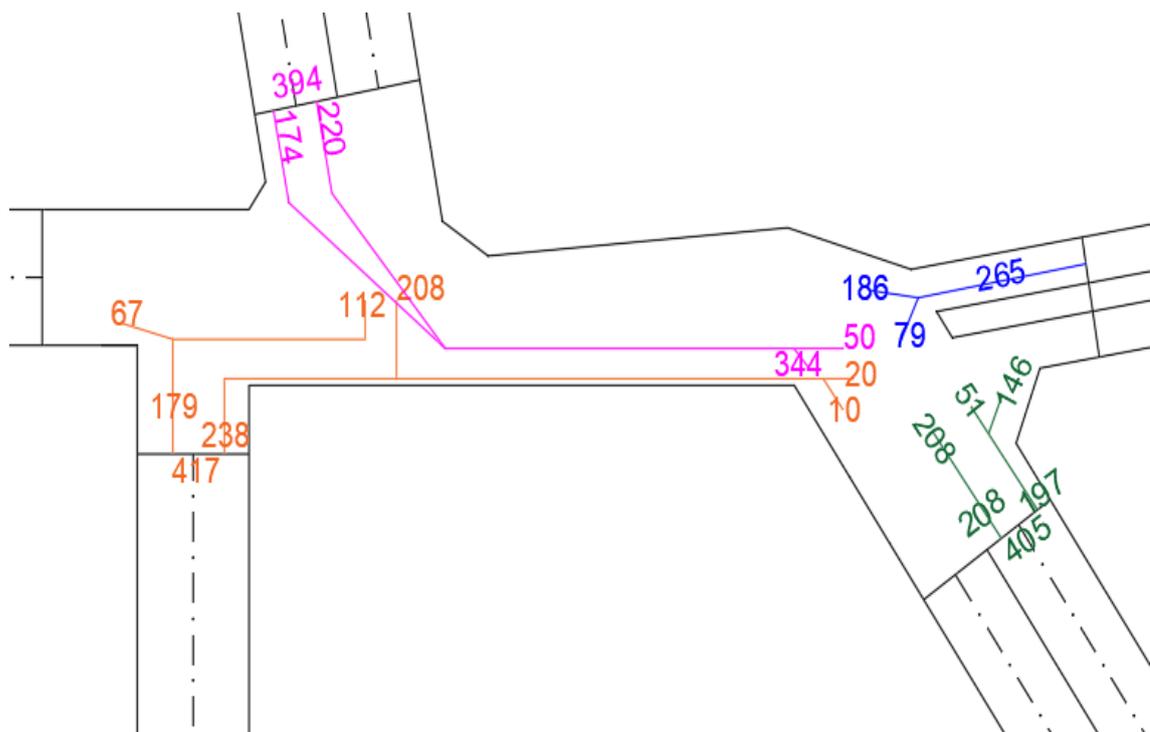
3.10 MEJORAS DEL NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR

3.10.1 Optimización de tiempos de semáforos usando la metodología del HCM versión 2010.

Se necesita el volumen de máxima demanda horaria representado por el flujo vehicular más denso sacados de la Tabla 7 de cada salida de los tramos que usan la intersección en estudio y el número de vehículos que hacen giros a la derecha e izquierda.

Figura 12

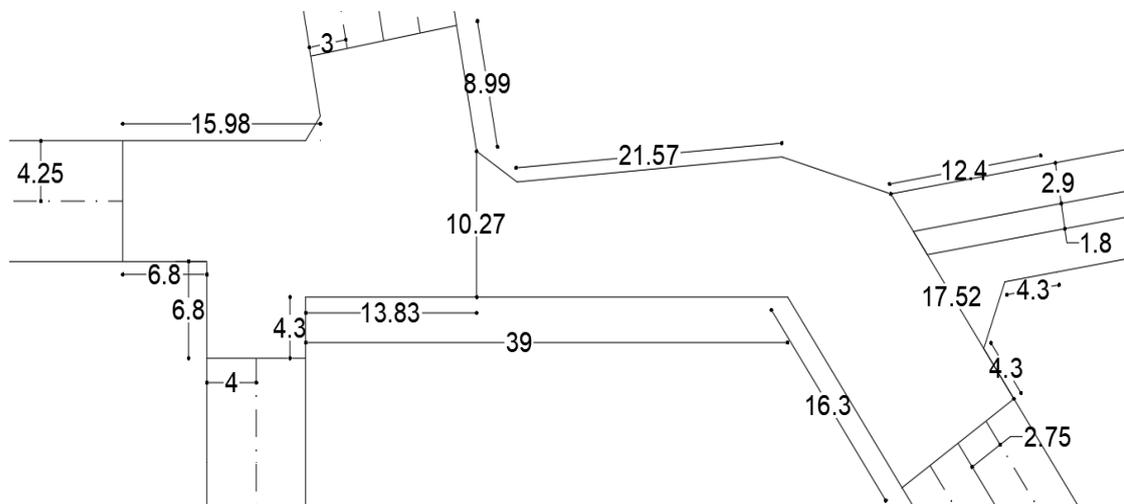
Volumen de la máxima demanda horaria.



Se suma la distancia que recorre un vehículo, esta medida comprende desde el inicio de un paso peatonal hasta el final del siguiente paso peatonal por el que circula el vehículo además se considera la cantidad de fases que tienen los semáforos por los que transita el vehículo.

Figura 13

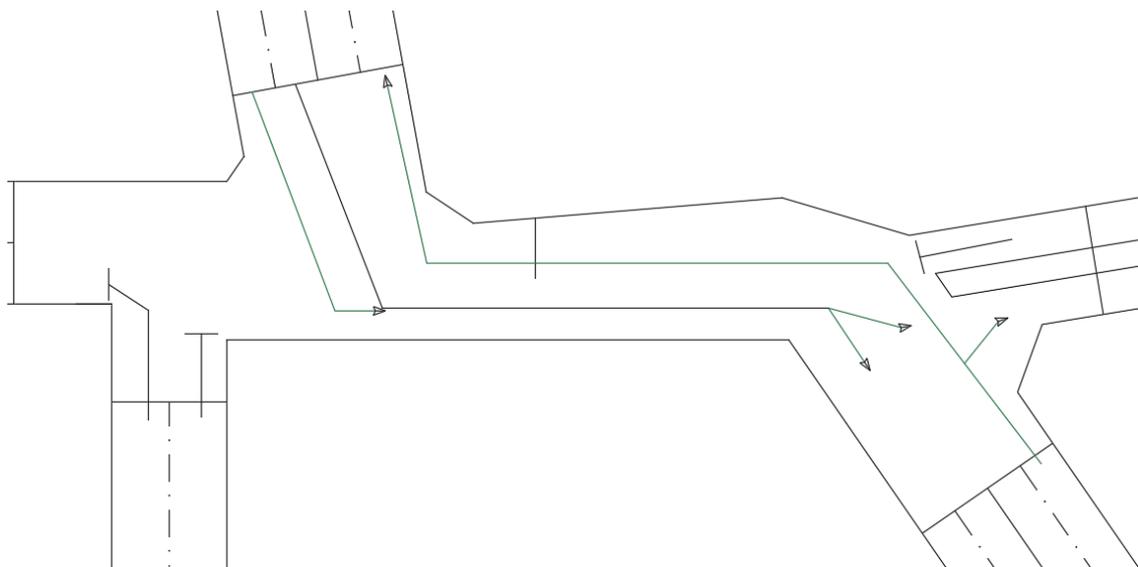
Longitudes de la intersección estudiada.



Se grafican los pases y giros que están permitidos en el ciclo semafórico actual expresados en fases las figuras 14, 15 y 16 muestran las fases actuales con las que trabaja la intersección en estudio

Figura 14

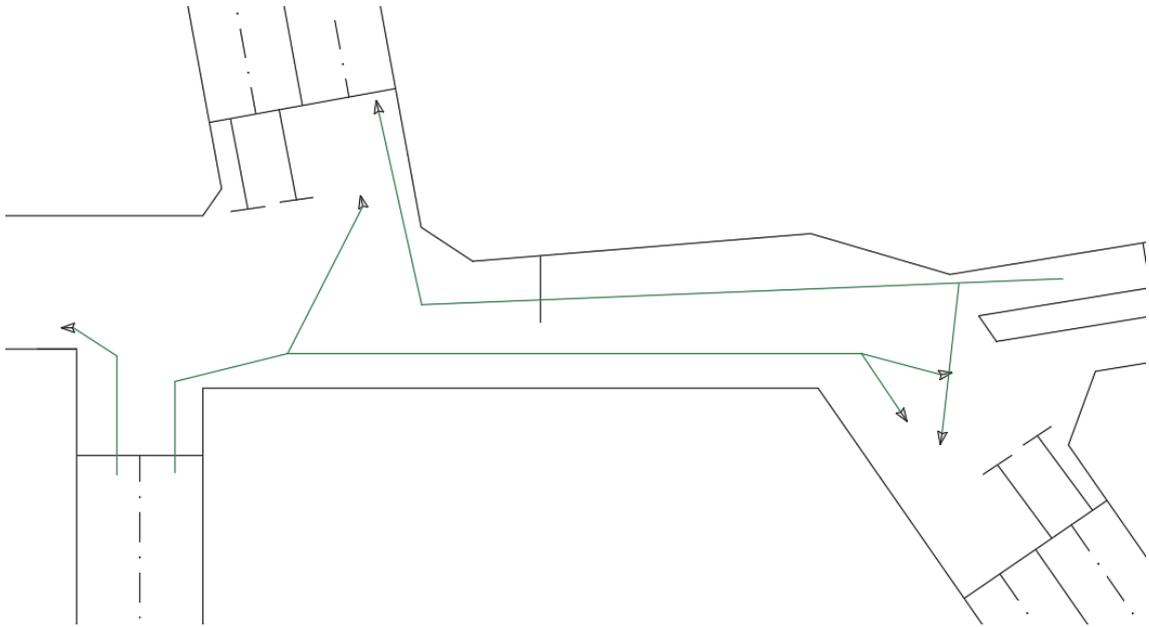
Fase 1



Nota. Los pases permitidos son los de La Torre y Cahuide.

Figura 15

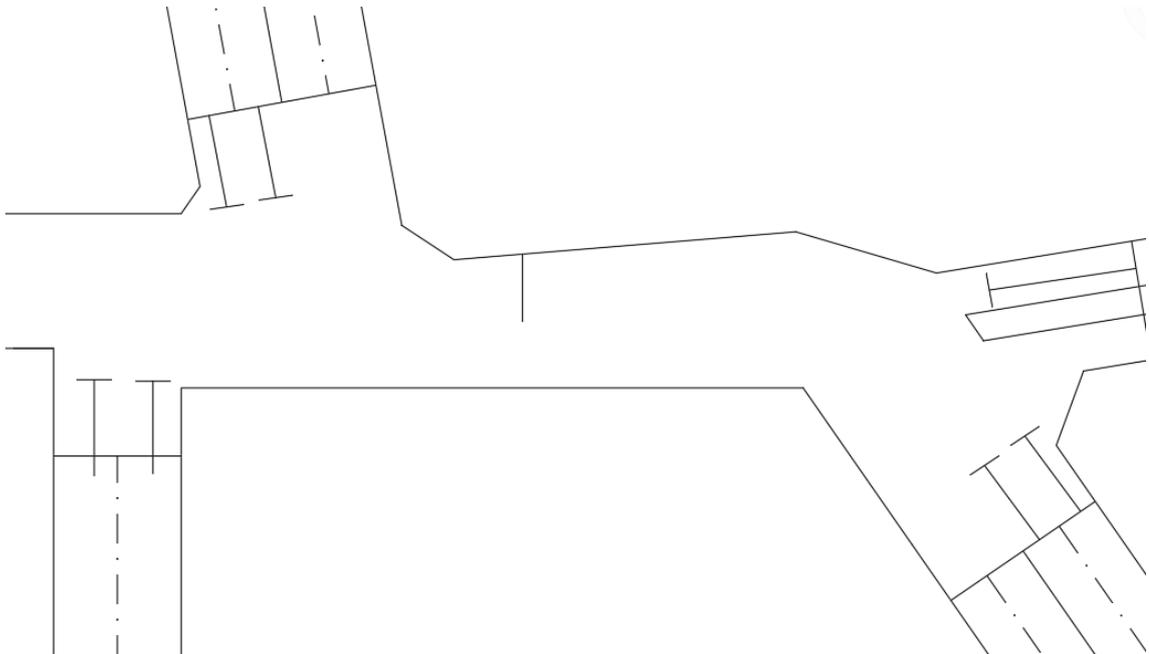
Fase 2



Nota. Los pases permitidos son los de Tacna y Los Incas

Figura 16

Fase 3



Nota. Todos los pasos están restringidos



Los detalles del cálculo de tiempos de verde se detallan en los siguientes pasos.

1. Factor horario de máxima demanda

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(V_{15max})}$$

Donde:

FHMD =Factor horario de máxima demanda o Factor hora pico.

VHMD =Volumen horario de máxima demanda.

V_{15 max}=Volumen correspondiente a los 15 min más cargados.

La torre Salida.

$$FHMD = \frac{394}{4(120)}$$

$$FHMD = 0.82$$

2. Factor de ajuste por vehículos pesados

$$F_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Donde:

F_{HV} =Factor de ajuste de vehículos pesados

P_T = Porcentaje de camiones

P_B = Porcentaje de buses

P_R =Porcentaje de vehículos recreacionales

E_T =Equivalente en automóviles de camiones

E_B =Equivalente en automóviles de buses

E_R =Equivalente en automóviles de vehículos recreacionales

Tenemos:

P_T =0.76%

E_T =1.5 según cal y Rafael



Reemplazando:

$$F_{HV} = \frac{100}{100 + 0.76(1.5 - 1)}$$

$$F_{HV} = 0.996$$

$$F_{HV} = 1$$

3. Los flujos de automóviles directos equivalentes.

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

Donde:

q_T =Automóviles equivalentes directos

q_D =Movimientos directos

q_{VI} =Movimientos de vuelta a la izquierda

q_{VD} =Movimientos de vuelta a la derecha

Los valores de autos equivalentes vienen dados por la siguiente tabla.

Tabla 9

Autos equivalentes de giro a la izquierda.

Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la izquierda			
Flujo opuesto (Veh/h)	Nº de carriles opuestos		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2	1.8
400	5	3	2.5
600	10	5	4
800	13	8	6
1000	15	13	10
≥ 1200	15	15	15
Para vueltas a la izquierda protegidas $EVI =$			1.05

Nota: Fuente: HCM versión 2010

Tabla 10

Autos equivalente giros a la derecha en base a peatones.

Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la derecha EVD		
Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatones/hra)		Equivalente
Ninguno	0	1.18
Bajo	50	1.21
Moderado	200	1.32
Alto	400	1.52
Extremo	800	2.14

Nota. Fuente: HCM versión 2010

Movimientos de vuelta a la izquierda

$$q_{vi} = \frac{VHMD_{vi}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) E_{vi}$$

q_{vi} = Movimientos de vuelta a la izquierda.

$VHMD_{vi}$ = Volumen horario de máxima demanda.

$FHMD$ = Factor horario de máxima demanda.

f_{HV} = Factor de vehículos pesados.

E_{vi} = Equivalente de vuelta a la izquierda.

Reemplazando.

$$q_{vi} = \frac{394}{0.82} \left(\frac{1}{1} \right) 2$$

$$q_{vi} = 1010 \frac{ADE}{hra}$$

1010 autos equivalentes por hora.



Movimientos de vuelta a la derecha

$$q_{vd} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) E_{VD}$$

q_{vd} = Movimientos de vuelta a la derecha.

$VHMD_{vd}$ = Volumen horario de máxima demanda.

$FHMD$ = Factor horario de máxima demanda.

f_{hv} = Factor de vehículos pesados.

E_{vd} = Equivalente de vuelta a la derecha.

$$q_{vd} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) E_{VD}$$

Movimientos directos

$$q_d = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right)$$

q_d = Movimientos directos.

$VHMD_d$ = Volumen horario de máxima demanda.

$FHMD$ = Factor horario de máxima demanda.

f_{hv} = Factor de vehículos pesados.

4. Magnitud de intervalos de cambio (y_i)

$$y_i = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{w + l}{v} \right) = A_i + TR_i$$

Donde:

y_t = Magnitud de intervalos.

t = Tiempo de percepción-reacción (1s).

v = Velocidad de aproximación de los vehículos (m/s).

a = Tasa de desaceleración (3.05 m/s²).

w = Ancho de la intersección (m).

l = Longitud del vehículo (6.10m) .



A_i = Tiempo en amarillo.

TR_i =Tiempo todo rojo.

Se realizan los cálculos por ciclos.

La Torre-CICLO 1

$$y_1 = \left(1 + \frac{5.6}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{67.35 + 6.1}{5.6}\right) = A_1 + TR_2$$

$$y_1 = (1.91) + (13.22)$$

$$A_1 = 2 \text{ seg} ; TR_2 = 13 \text{ seg}$$

Tacna-CICLO 2

$$y_2 = \left(1 + \frac{5.6}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{34.62 + 6.1}{5.6}\right) = A_2 + TR_3$$

$$y_2 = (1.91) + (7.32)$$

$$A_2 = 2 \text{ seg} ; TR_3 = 7 \text{ seg}$$

Incas-CICLO 3

$$y_3 = \left(1 + \frac{5.6}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{58.35 + 6.1}{5.6}\right) = A_3 + TR_1$$

$$y_3 = (1.91) + (11.60)$$

$$A_3 = 2 \text{ seg} ; TR_1 = 12 \text{ seg}$$

Tacna - Oquendo-CICLO independiente.

$$y_4 = \left(1 + \frac{5.6}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{13.6 + 6.1}{5.6}\right) = A_4 + TR_4$$

$$y_4 = (1.91) + (3.54)$$

$$A_4 = 2 \text{ seg} ; TR_4 = 4 \text{ seg}$$

5. Tiempo por fases (li).

$$l_i = y_i = A_i + TR_i$$

$$l_1 = 2 + 12 = 14 \text{ seg}$$

$$l_2 = 2 + 13 = 15 \text{ seg}$$



$$l_3 = 2 + 7 = 9 \text{ seg}$$

6. Tiempo total perdido por fases (L).

$$L = \sum_{i=1}^{\alpha} (A_i + TR_i)$$

$$L = 14 + 15 + 9 = 38 \text{ seg}$$

7. Máximas relaciones de flujo (Y_i).

$$Y_i = \frac{q_{i \max}}{s}$$

Donde:

$q_{i \max}$ = Flujo máximo o crítico por carril.

s = Flujo de saturación (1800 vl/hv/carril) ° (*vehículos livianos por hora verde por carril*). -**recomendado para semaforización**

Ciclo 1

$$Y_1 = \frac{697}{1800} = 0.39$$

Ciclo 2 y 3

$$Y_2 = \frac{493}{1800} = 0.27; Y_3 = \frac{202}{1800} = 0.11$$

Ciclo 4 independiente

$$Y_4 = \frac{79}{1800} = 0.04$$

g) Cálculo de longitud de ciclo óptimo (C_o)

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\alpha} Y_i}$$

Donde:

L = pérdida total en fases paso 6.



$$C_o = \frac{1.5(38) + 5}{1 - (0.27 + 0.39)} = 182 \text{ seg}$$

h) Tiempo efectivo verde total (gT)

$$g_t = C_o - L$$

$$g_t = 209 - 38$$

$$g_t = 144$$

Reparto de tiempos verdes.

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} (g_T)$$

$$g_1 = \frac{0.39}{0.39 + 0.27} (144)$$

$$g_1 = 85.30 \text{ seg}$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} (g_T)$$

$$g_2 = \frac{0.27}{0.39 + 0.27} (144)$$

$$g_2 = 59.05 \text{ seg}$$

i) Determinación de los tiempos verdes reales (Gi)

$$G_1 = g_1 + l_1 - A_1 - TR_1 = 85 + 14 - 2 - 12 = 85$$

$$G_2 = g_2 + l_2 - A_2 - TR_2 = 59 + 15 - 2 - 13 = 59$$

Resultados de los ciclos calculados representado en un diagrama de programación de fases con un tiempo de ciclo total de 182s. como se muestra en la **Figura 17**.

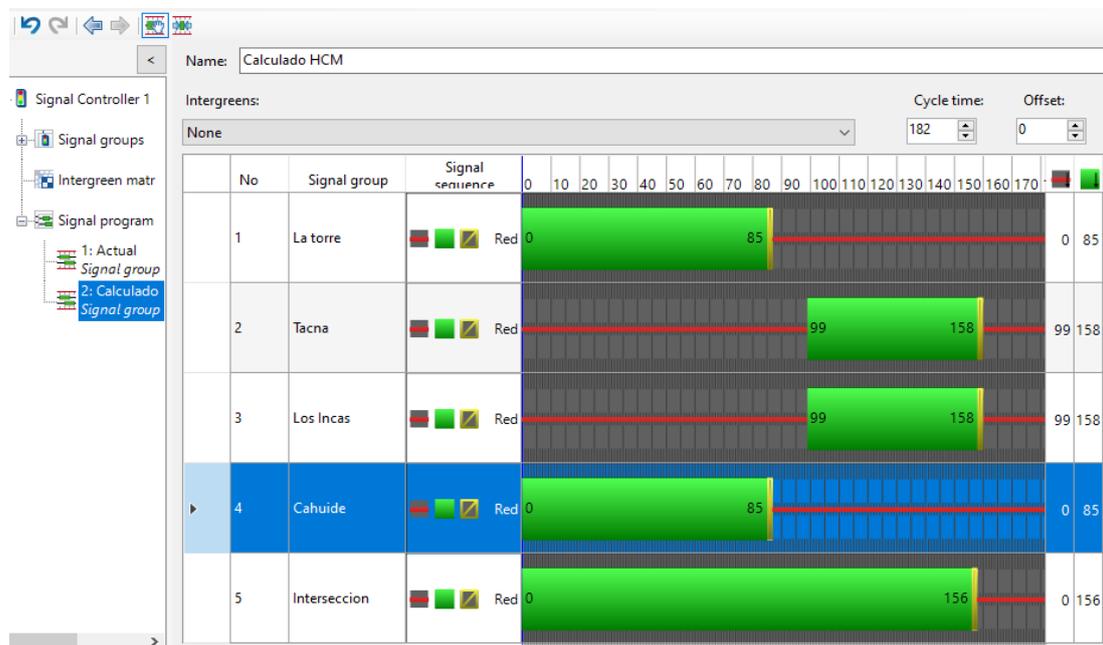
$$C_o = 182 \text{ seg}$$

$$G_1 = 85 ; A_1 = 2 ; TR_2 = 13 ; R_1 = 95$$

$$G_2 = 59 ; A_2 = 2 ; TR_1 = 12 ; R_2 = 121$$

Figura 17

Reglaje semafórico calculado con la metodología HCM versión 2010.



Nota. Fuente: PTV VISSIM

3.10.2 Detalles de las propuestas

Las propuestas para las microsimulaciones de acuerdo a Manual de señalización de tránsito de Santiago de Chile (2006), y a los criterios estipulados por la MML (2022) vienen detalladas por:

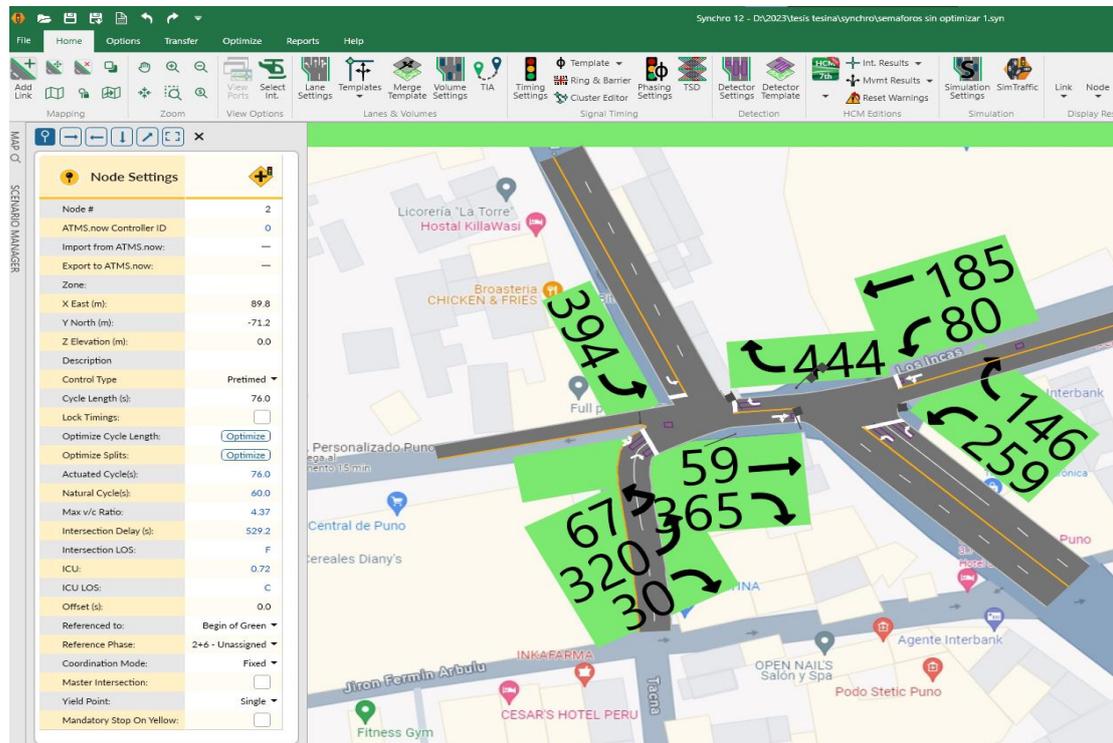
Microsimulación 1: Es el modelo en PTV VISSIM de la situación actual sin modificaciones de acuerdo a los aforos vehiculares y peatonales en la hora pico de acuerdo a la muestra tomada.

Microsimulación 2: Se utiliza el tiempo semafórico propuesto calculado a partir de la metodología recomendada en el manual del HCM versión 2010 detallado en el ítem 3.9.1

Microsimulación 3: Se optimiza el ciclo semafórico actual usando el programa SYNCHRO v12 como se observa en la Figura 18.

Figura 18

Modelo de intersección semaforizada estudiada.



Nota. Fuente: SYNCHRO v12

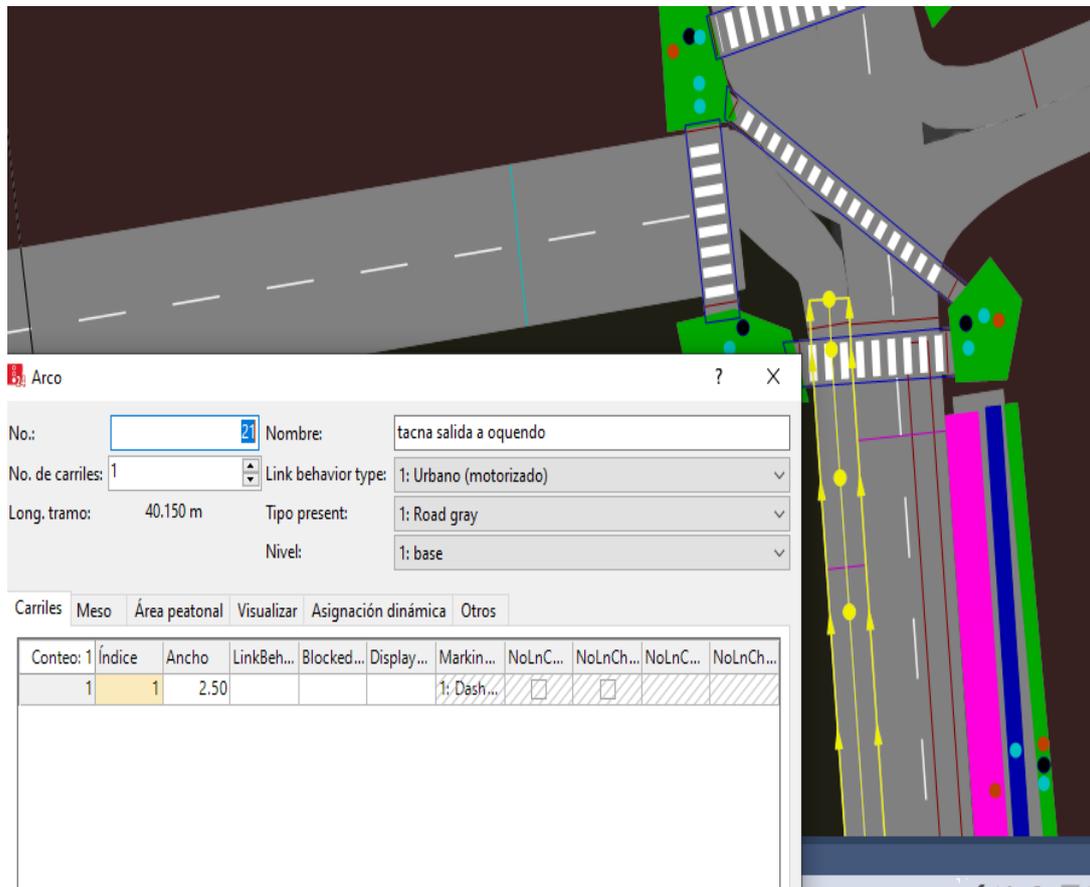
Microsimulación 4: Se optimiza el ciclo semafórico propuesto recomendado por el manual del HCM versión 2010 usando el programa SYNCHRO v12 usando datos de giros de los vehículos hacia ambos sentidos de la hora pico.

Las propuestas de la 5 a la 8 toman en cuenta un carril adicional en jirón Tacna con dirección a jirón Oquendo.

Microsimulación 5: Se añade un carril adicional a jirón Tacna con giro independiente hacia jirón Oquendo usando el ciclo semafórico actual como se observa en la Figura 19.

Figura 19

Carril adicional en Jirón Tacna.



Nota. Fuente: PTV VISSIM

Microsimulación 6: Se añade un carril adicional a jirón Tacna con giro independiente hacia Jirón Oquendo usando el ciclo semafórico propuesto usando la metodología del HCM versión 2010.

Microsimulación 7: Se añade un carril adicional a jirón Tacna con giro independiente hacia jirón Oquendo usando el ciclo semafórico actual optimizado con el programa SYNCHRO V12.

Microsimulación 8: Se añade un carril adicional a jirón Tacna con giro independiente hacia jirón Oquendo usando el ciclo semafórico propuesto optimizado con el programa SYNCHRO V12.

3.11 PRUEBA ESTADISTICA DE LA HIPOTESIS

3.11.1 Prueba de normalidad

Se plantea la hipótesis de normalidad considerando dos tipos de hipótesis como se muestra:

H_0 =Los datos siguen una distribución normal

H_1 =Los datos no siguen una distribución normal

Con un grado de significancia del 95% se aplica Kolmogorov-Smirnov por tener un total de datos de 120 siendo estos mayores a 50, para aceptar o rechazar la hipótesis nula se observa el p-valor como se observa a continuación:

Si p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula.

Si p-valor es mayor igual a 0.05 se acepta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa

Figura 20

Resultados de prueba de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Microsimulacion	,118	120	,000	,925	120	,000
Nivel de Servicio	,361	120	,000	,688	120	,000
Flujo Peatonal	,142	120	,000	,958	120	,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Se observa que el nivel de significancia para micro simulación, nivel de servicio vehicular y flujo peatonal es 0 para Kolmogorv-smimov debido al tamaño de la muestra

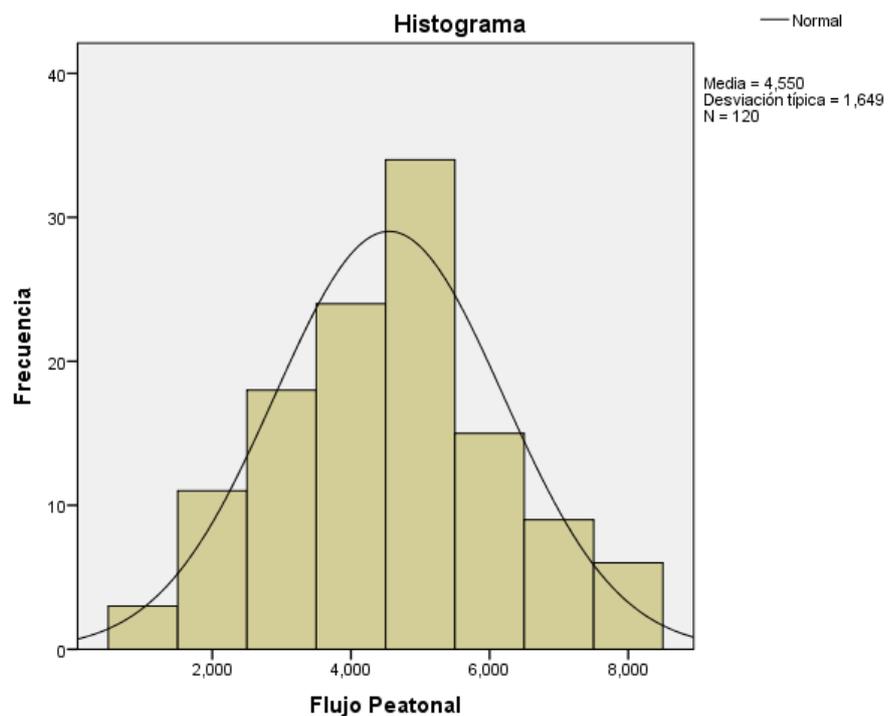
Figura 21

Histograma del nivel de servicio vehicular



Figura 22

Histograma del flujo peatonal





Como se muestra en la figura 21 el p-valor para nivel de servicio y flujo peatonal son menores al 5% por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo cual los datos no tienen una distribución normal y se usara una prueba no paramétrica.

3.11.2 Test de Friedman

Para comprobar la hipótesis general se realizó el test de Friedman para k muestras relacionadas

$$Fr = \frac{12}{nk(k+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2) - 3n(k+1)$$

n=Total de sujetos

k=Total de condiciones

R_k^2 =Sumatoria de rangos por cada condición cuadrada.

Fr=45.13 > 14.0671 Nivel de servicio vehicular

Fr=72.17 > 14.0671 Flujo peatonal

Como el test calculado es mayor al experimental se concluye que con un grado de confianza del 95% **se rechaza la hipótesis nula** y se acepta la hipótesis alterna, que se traduce en la **microsimulación** con el programa PTV VISSIM **optimiza el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal** en los Jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

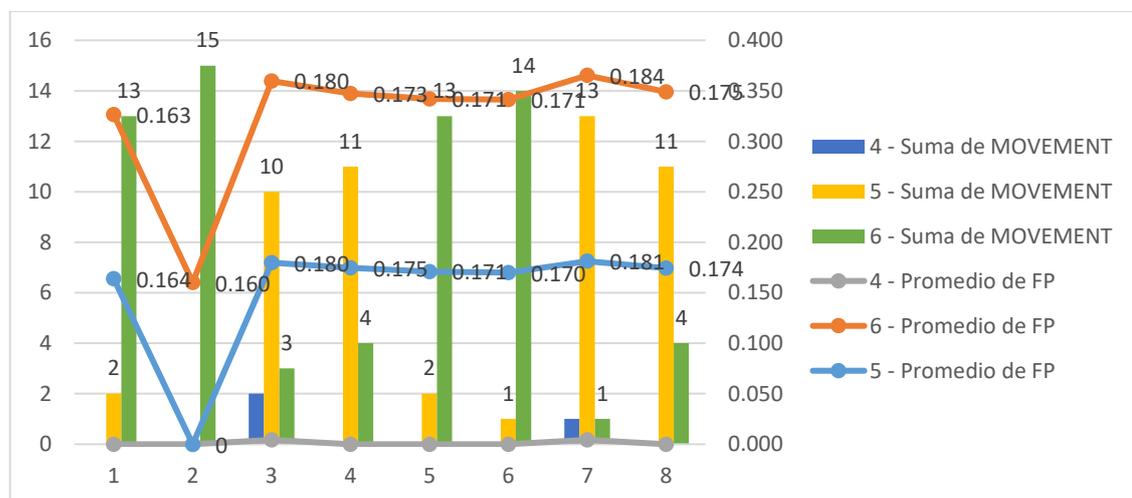
Se presentan los resultados en tablas que muestran los resultados de los análisis en esta intersección semaforizada de los Jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre de puno.

Se analizaron trabajo con 2 propuestas que se adapten a la realidad como son el tiempo de ciclo de los semáforos y adicionar un carril en el Jirón Tacna; para los semáforos se propuso un tiempo de ciclo de los semáforos siguiendo la metodología del HCM versión 2010 y se optimizó el ciclo actual y la propuesta usando el programa SYNCHRO v12 que contiene metodología actualizada

Se puede observar gráficamente en la Figura 23 que aplicando microsimulación con el programa PTV VISSIM. se mejoró el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal.

Figura 23

Grafico con mejora en nivel de servicio y flujo peatonal.

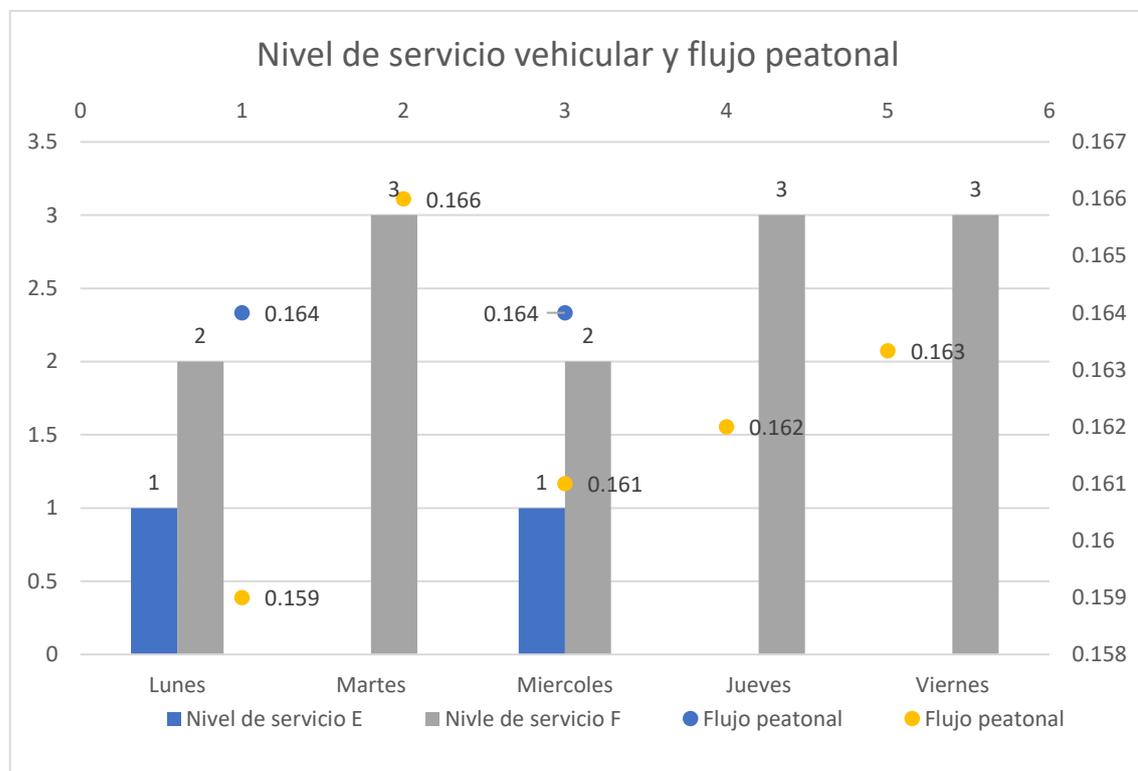


Objetivo específico 1

Utilizando el aforo vehicular y peatonal se introdujeron los datos en PTV VISSIM y mediante la microsimulación en 3 semillas se halló los datos observados en la **Figura 24** concluyendo que la intersección estudiada tiene un nivel de servicio F con un flujo peatonal promedio de las intersecciones de 0.163 peatones/m²

Figura 24

Nivel de servicio vehicular y flujo peatonal actual.

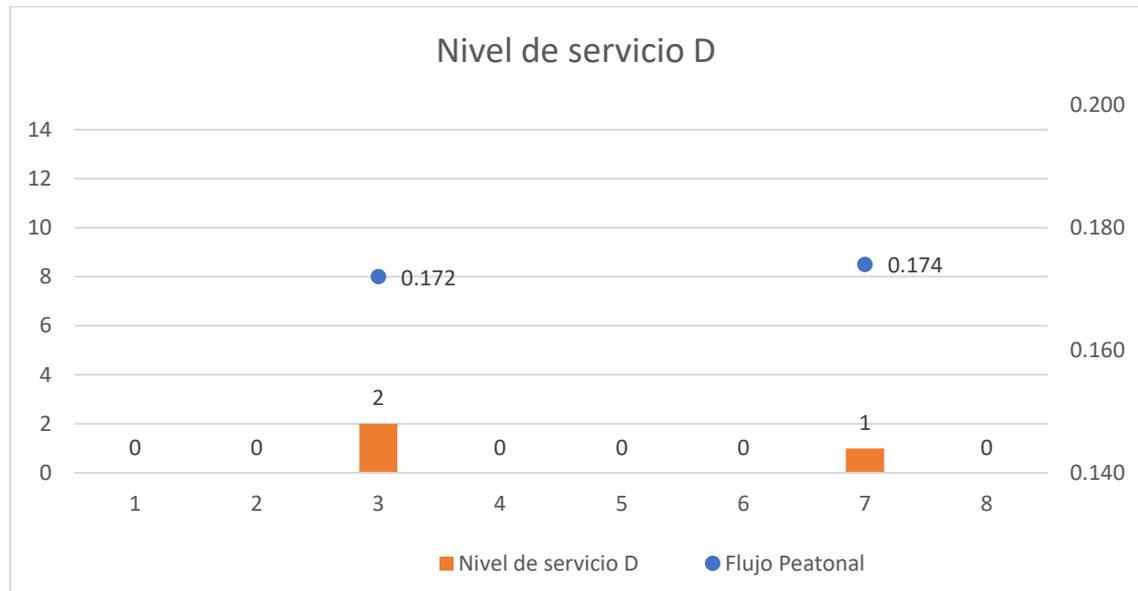


Objetivo específico 2

Tal como se detalla en la Figura 25,26 y Figura 27 se determinó el nivel de servicio vehicular y el flujo peatonal simultáneamente con propuestas e iteraciones con el programa PTV VISSIM pudiendo lograr un nivel de servicio E con un flujo peatonal promedio máximo de 0.181 peatones/m².

Figura 25

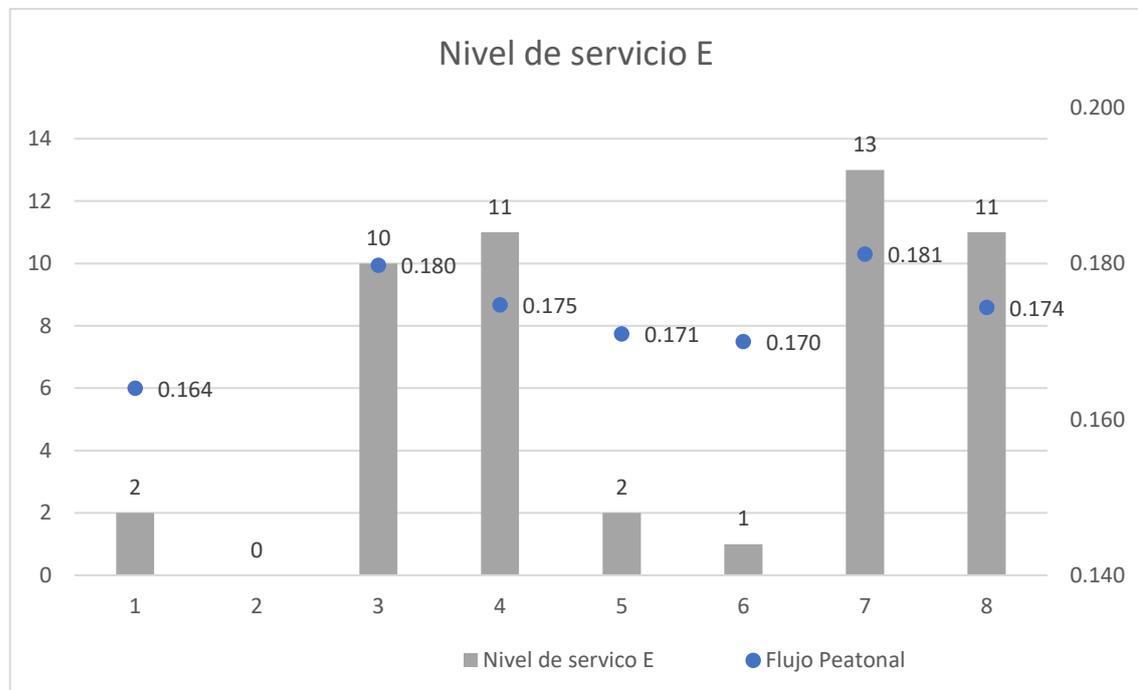
Gráfico de los resultados de las microsimulaciones



Nota. Se consiguen niveles de servicio D con las alternativas 3 y 7

Figura 26

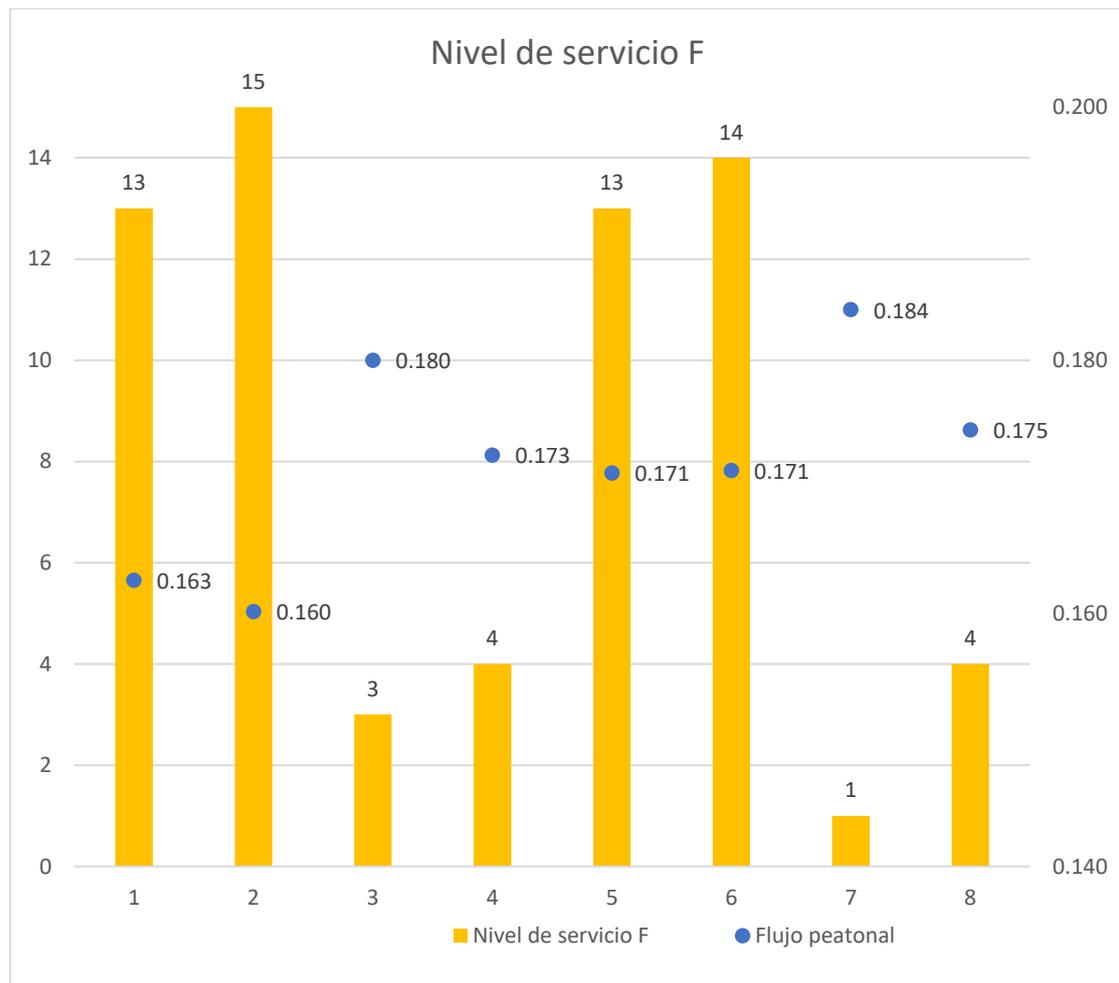
Gráfico de los resultados de las microsimulaciones.



Nota. Se consiguen niveles de servicio E en la mayoría de alternativas.

Figura 27

Gráfico de los resultados de las microsimulaciones



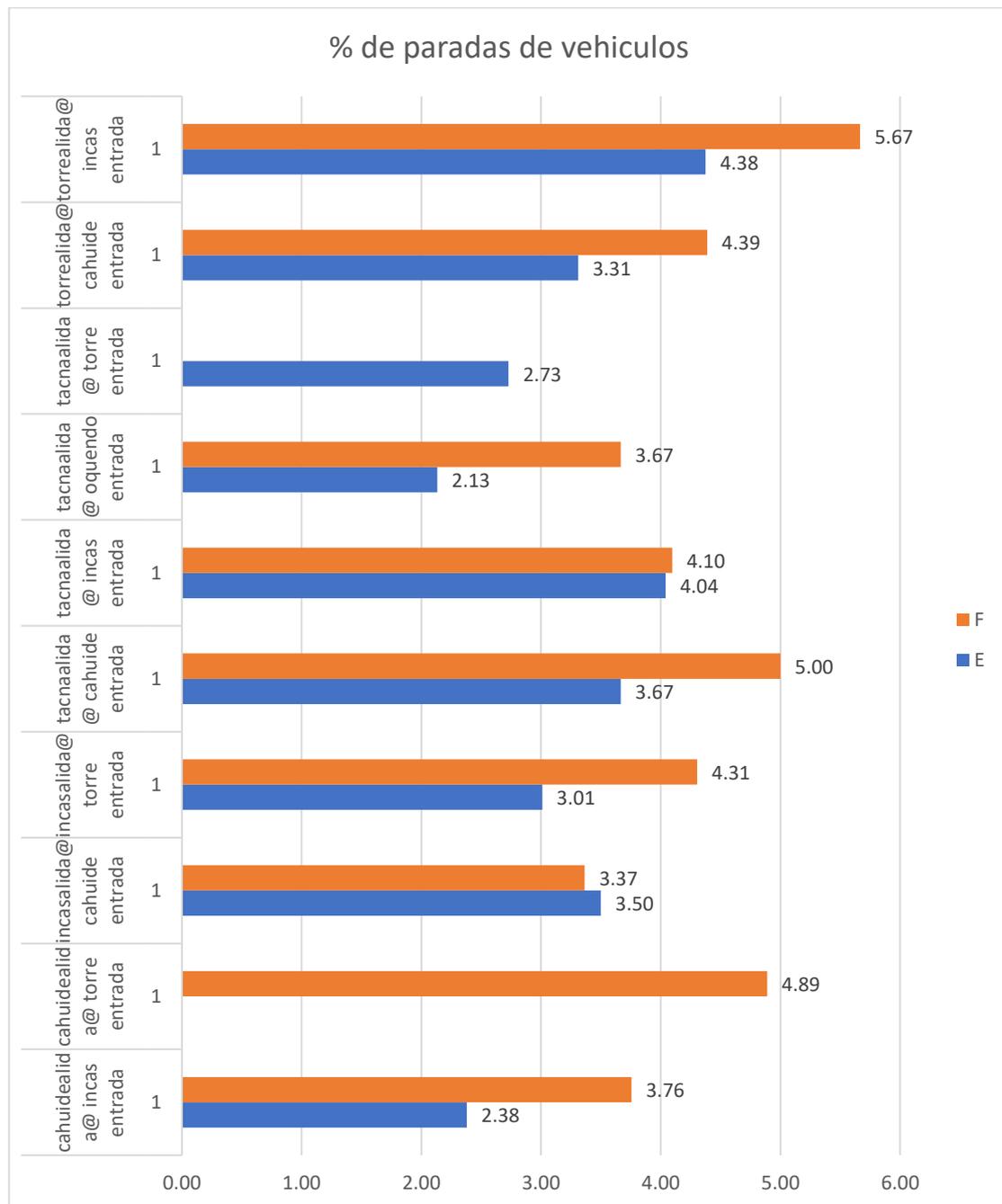
Nota. Se observa que la alternativa “7” tiene 1 caso con nivel de servicio F

Objetivo específico 3

Como se observan en la **Figura 28** los tramos con mayor congestión son los tramos de La Torre a los Incas, La Torre a Cahuide, Tacna a Cahuide, Los Incas a La Torre, Cahuide a La Torre teniendo valores superiores a 4% lo que significa que los vehículos se detienen más de 4 veces por completo antes de cruzar la intersección debido a problemas con los peatones o con los vehículos rezagados de ciclos anteriores.

Figura 28

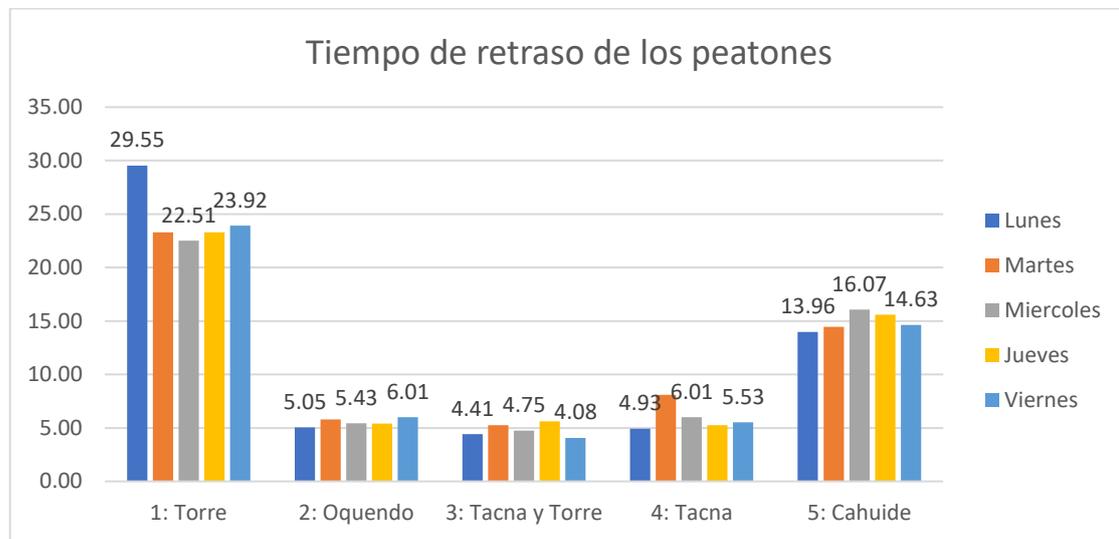
Porcentaje de vehículos parados según ruta tomada.



Como se observan en la **Figura 29** los cruces peatonales con mayor congestión son los tramos de La Torre y Cahuide teniendo valores máximos de 29.55 s y 16.07s para terminar de cruzar su paso peatonal.

Figura 29

Tiempo de retraso de los peatones en cruzar el paso peatonal.



Teniendo todas las propuestas y los resultados el tipo de simulación con resultados que mejoren el nivel de servicio son las microsimulaciones: 7 y 3 de acuerdo a la prueba estadística que se observa en la **Tabla 11**

Tabla 11

Resultados del Test de Friedman para el nivel de servicio.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
M7-M3	,333	,894	,373	,709	1,000
M7-M4	,967	,894	1,081	,280	1,000
M7-M8	-,967	,894	-1,081	,280	1,000
M7-M5	3,300	,894	3,690	,000	,006
M7-M1	3,367	,894	3,764	,000	,005
M7-M6	3,533	,894	3,950	,000	,002
M7-M2	3,800	,894	4,249	,000	,001
M3-M4	-,633	,894	-,708	,479	1,000
M3-M8	-,633	,894	-,708	,479	1,000
M3-M5	-2,967	,894	-3,317	,001	,025
M3-M1	3,033	,894	3,391	,001	,019

Nota. Fuente: SPSS

Por otro lado, las microsimulaciones: 3,4,7 y 8 mejoran el flujo peatonal de acuerdo a la prueba estadística que se observa en la **Tabla 12**

Tabla 12

Resultados del test de Friedman para el flujo peatonal

Cada nodo muestra el rango de media de muestras.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
M2-M1	,567	,894	,634	,526	1,000
M2-M6	-2,933	,894	-3,280	,001	,029
M2-M5	-2,967	,894	-3,317	,001	,025
M2-M8	-3,767	,894	-4,211	,000	,001
M2-M4	-4,267	,894	-4,770	,000	,000
M2-M3	-5,033	,894	-5,627	,000	,000
M2-M7	-5,800	,894	-6,485	,000	,000
M1-M6	-2,367	,894	-2,646	,008	,228
M1-M5	-2,400	,894	-2,683	,007	,204
M1-M8	-3,200	,894	-3,578	,000	,010
M1-M4	-3,700	,894	-4,137	,000	,001
M1-M3	-4,467	,894	-4,994	,000	,000
M1-M7	-5,233	,894	-5,851	,000	,000

Nota. Fuente: SPSS

4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Según la tabla de la **Figura 28** se observa que los tramos con mayores problemas son La Torre a los Incas, La Torre a Cahuide, Tacna a Cahuide, Los Incas a La Torre, Cahuide a La Torre y las que mejoran notablemente con las propuestas de un ciclo semafórico corto son la micro simulación 7 y 8 Sin embargo se aprecia que disminuir los ciclos semafóricos perjudica el flujo peatonal como se aprecia en las **Figura 30** y **Figura 31** por lo que la metodología del HCM 2010 para este tramo no se puede para mejorar el flujo peatonal uniformemente.

Figura 30

Gráfico del flujo peatonal con microsimulación 7

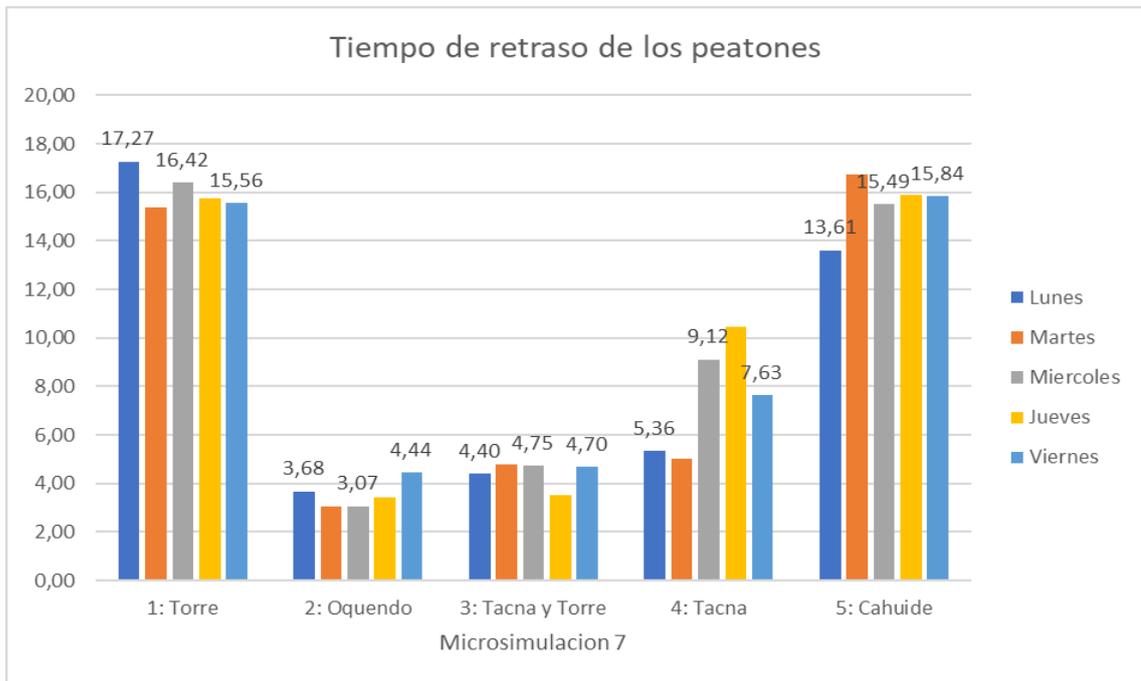
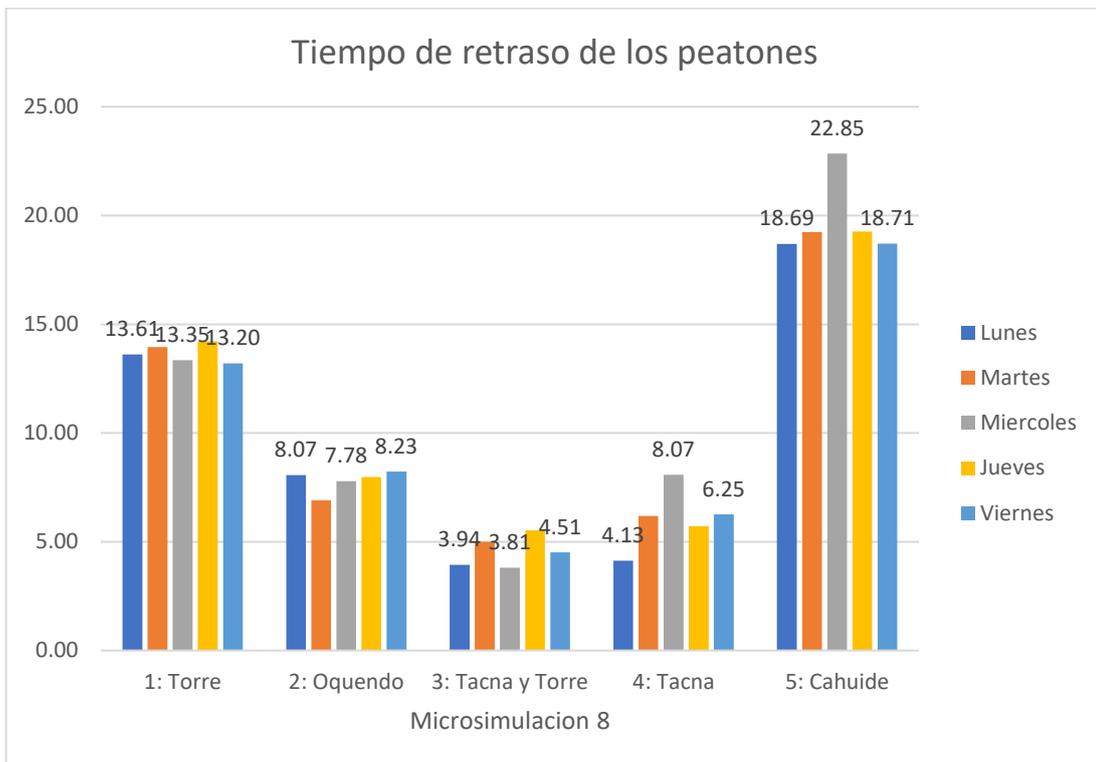


Figura 31

Gráfico del flujo peatonal con microsimulación 8

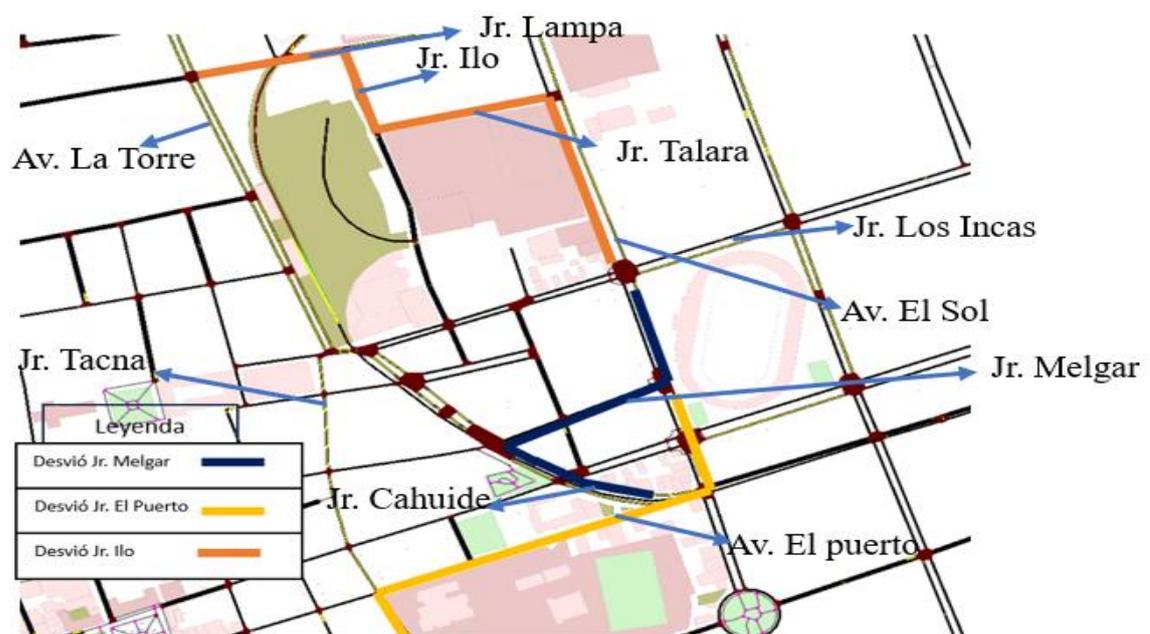


4.3 DESVÍO DE RUTAS.

Otra forma de optimizar el nivel de servicio vehicular es el desvío de rutas del servicio de transporte público siguiendo criterios del plan regulador de rutas de Puno (2015), Piura (2011) y Cusco (2016) teniendo como alternativas de vías jirón Melgar para los vehículos que circulan por jirón Cahuide; jirón El Puerto para los vehículos que circulan por jirón Tacna y jirón Ilo para los vehículos de La Torre como se puede observar en la Figura 32.

Figura 32

Gráfico del desvío de rutas



Tal como se aprecia en la Figura 33 se determinó el nivel de servicio vehicular con un desvío de las rutas de servicio público que utiliza esta intersección con propuestas de las microsimulaciones 3,4,7 y 8 mostrando un nivel de servicio en E y D en la intersección estudiada con paradas vehiculares de 2.67 para la propuesta 7 demostrando que reduciendo un 10% el aforo de servicio público se alcanza un nivel de servicio D.

Figura 33

Resultados del desvío de rutas

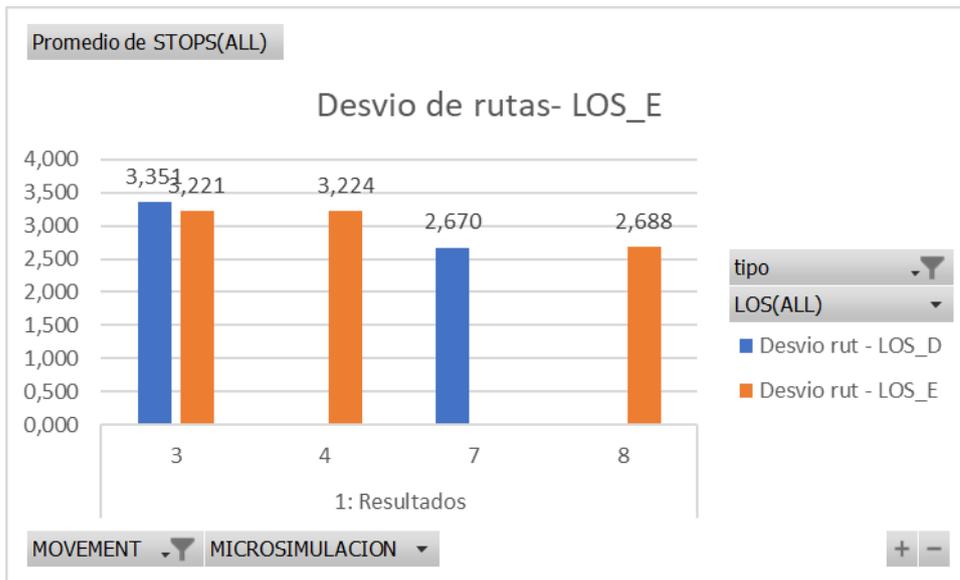
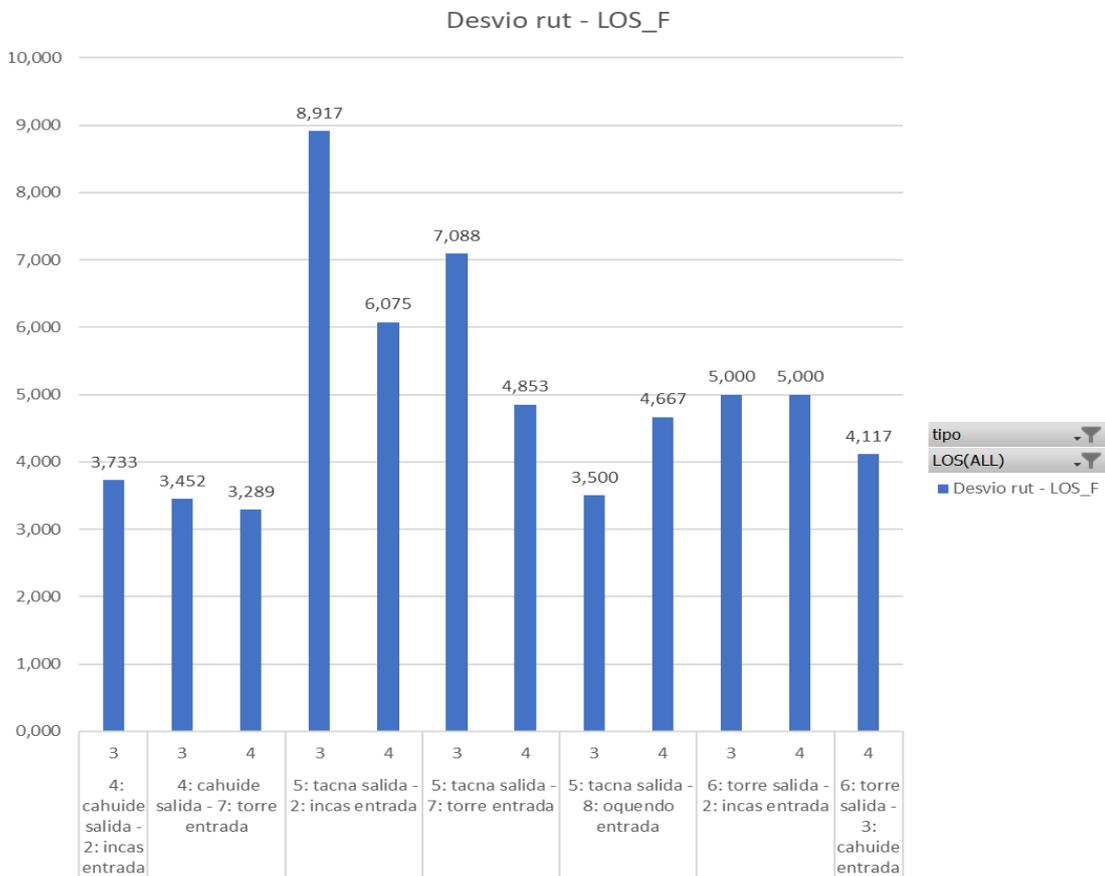


Figura 34

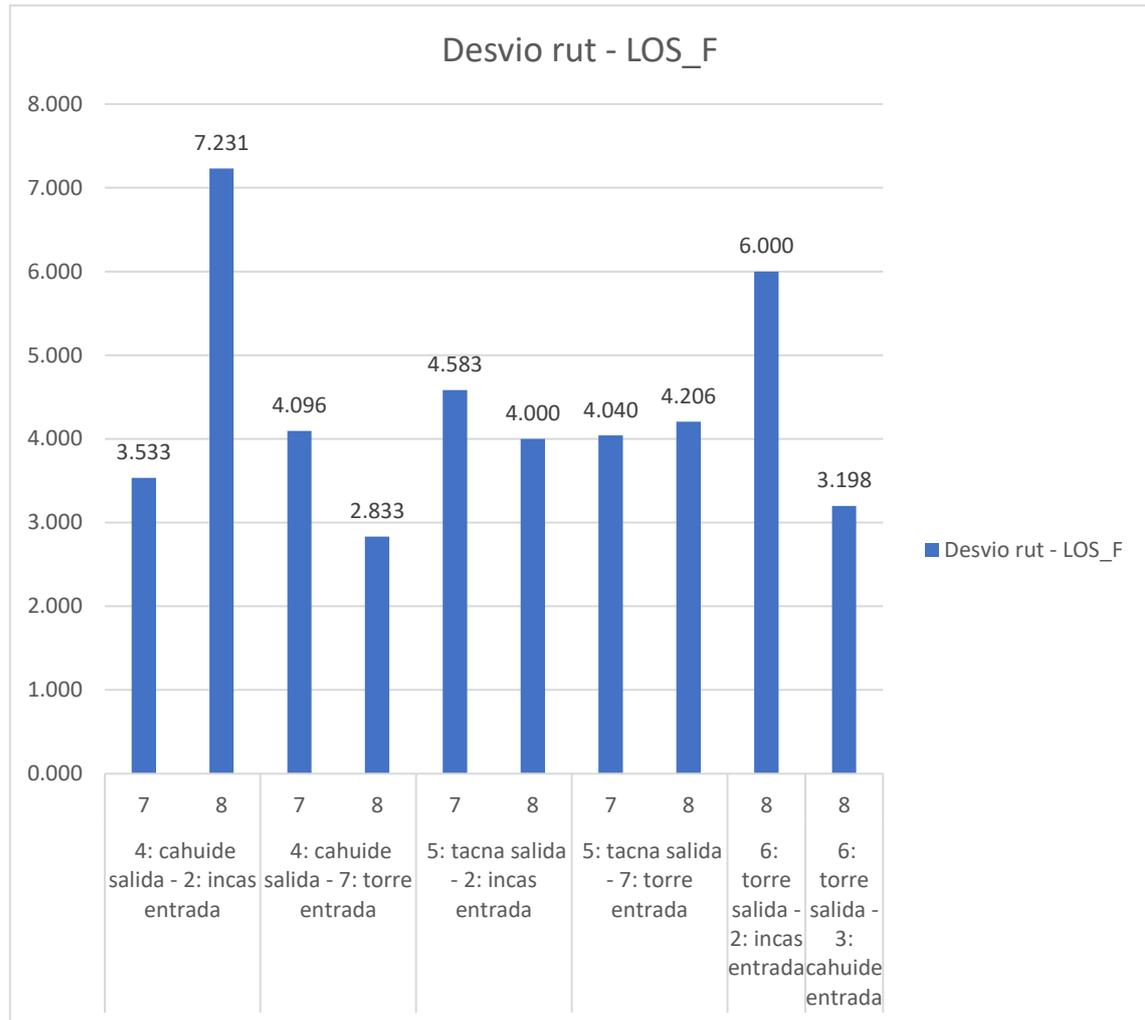
Nivel de servicio en calles con un desvío de rutas con la 3 y 4 propuesta



Tal como se detalla en la figura 34 se calculó el nivel de servicio vehicular con un desvío de rutas encontrando que la ruta más congestionada y con mayores problemas es la utilizada de Jr. Tacna con dirección a Jr. Los Incas para las propuestas 3 y 4.

Figura 35

Nivel de servicio en calles con un desvío de rutas con la 7 y 8 propuesta



Tal como se muestra en la figura 35 se calculó el nivel de servicio vehicular con un desvío de rutas encontrando que la ruta más congestionada y con mayores problemas es la utilizada del Jr. Cahuibe con dirección al Jr. Los Incas y Tacna con dirección a Cahuibe para las propuestas 7 y 8.

4.4 PROYECCIÓN A 5 AÑOS

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n= Transito proyectado al año “n” en veh/día

T_o= Transito actual (año base o) en veh/día.

n=Número de años del periodo de diseño

r=Tasa anual de crecimiento de tránsito

Tabla 13

Resultados del tráfico proyectado a 5 años del Jr. Cahuide

Salida Jr. Cahuide-Tráfico Proyectado							
Años	Lineal+ Triciclo	Torito + Motocarga	Yaris+ Auto	Pick up	Bufalo+ Benz	Carga Otros	Total, IMDA
2023	17	100	211	8	65	4	405
2024	17	101	213	8	67	4	410
2025	17	101	213	8	67	4	410
2026	17	102	215	8	69	4	416
2027	17	103	217	8	71	4	421
2028	18	104	219	8	74	5	427

Tabla 14

Resultados del tráfico proyectado a 5 años de la Av. La Torre.

Salida Av. La Torre-Tráfico Proyectado							
Años	Lineal+ Triciclo	Torito + Motocarga	Yaris+ Auto	Pick up	Bufalo+ Benz	Carga Otros	Total, IMDA
2023	22	40	126	13	190	3	394
2024	22	40	127	13	196	3	402
2025	22	40	127	13	196	3	402
2027	23	41	130	13	209	3	419
2028	23	41	131	13	216	3	427

Tabla 15

Resultados del tráfico proyectado a 5 años del Jr. Los Incas

Salida Jr. Los Incas-Tráfico Proyectado							
Años	Lineal+ Triciclo	Torito + Motocarga	Yaris+ Auto	Pick up	Bufalo+ Benz	Carga Otros	Total, IMDA
2023	4	93	160	4	4	0	265
2024	4	94	161	4	4	0	268
2025	4	94	161	4	4	0	268
2026	4	95	163	4	4	0	270
2027	4	96	164	4	4	0	273
2028	4	96	166	4	5	0	275

Tabla16

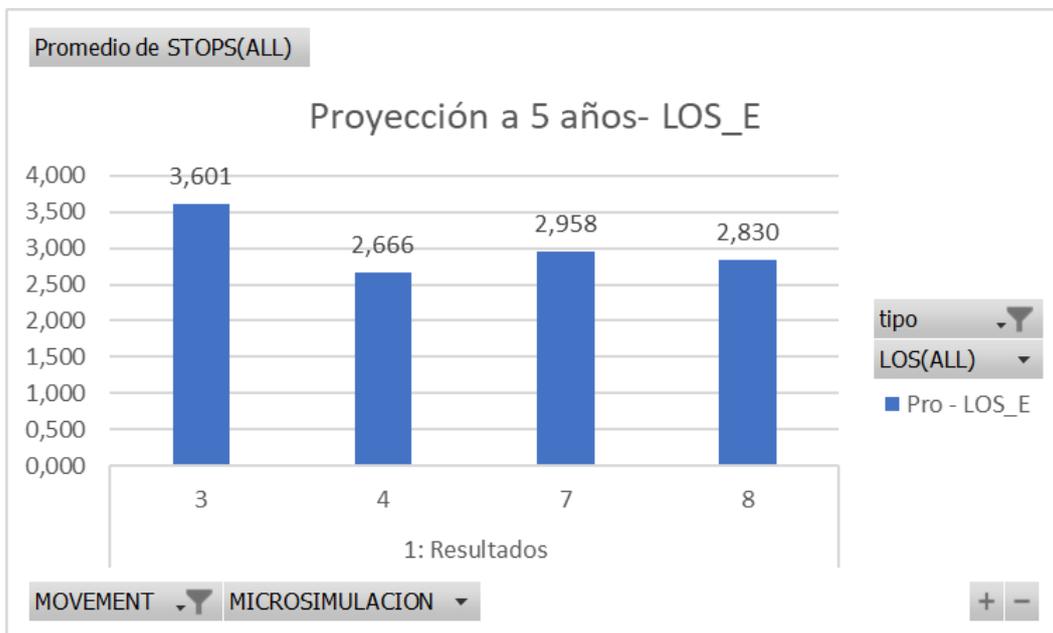
Resultados del tráfico proyectado a 5 años del Jr. Tacna

Salida Jr.Tacna-Tráfico Proyectado							
Años	Lineal+ Triciclo	Torito + Motocarga	Yaris+ Auto	Pick up	Bufalo+ Benz	Carga Otros	Total, IMDA
2023	16	57	254	17	66	7	417
2024	16	58	256	17	68	7	423
2025	16	58	256	17	68	7	423
2026	16	58	259	17	70	7	428
2027	16	59	261	17	73	8	434
2028	17	59	263	18	75	8	440

Se observa en la Figura 36 el nivel de servicio vehicular para una proyección vehicular de 5 años con las propuestas de microsimulación 3,4,7 y 8 mostrando un nivel de servicio en E en la intersección estudiada con paradas de los vehículos de 3.6 para la microsimulación 3

Figura 36

Resultado de la proyección a 5 años con microsimulaciones 3,4,7 y 8.



4.5 DISCUSIÓN

Se confirma lo que dice (Pari Pinto et al., 2019), que el estudio y propuestas de solución deben ser en un área específica; como se detalla en el ítem 3.6 una hora en específico donde debido a la zona comercial y los distintos usuarios que la transitan se analizaron propuestas que influyen directamente en esta intersección.

La importancia del estudio en esta intersección es fundamental debido a la densidad vehicular y peatonal elevada que circulan por ella con esto se confirma lo que dice (Porras Salazar & Pérez Rodríguez, 2020); por lo que se detalló la propuesta del ítem 3.9 que influye directamente en la mejora del flujo vehicular.

De acuerdo al objetivo general los resultados mostrados en la tabla de la Figura 23. refleja la mejora en los niveles de servicio usando microsimulaciones o propuestas haciendo énfasis en la mejora de los ciclos semafóricos como indica (Mamani Quispe & Ramos Colque, 2018) Este autor introduce datos de peatones como links, este proyecto lo hace como área dando decisiones a los peatones y no considera los estacionamientos o zonas de subida de peatones como la cantidad de semillas.

El tipo de recolección de datos que evidencia muestra que solo aforaron vehículos que ingresan o salen, pero no la ruta hacia donde se dirigen por tipo de vehículo por que se necesitaría estudiar con grabaciones coordinadas y los tiempos que muestran de 6 horas continuas son irreales; la propuesto en tiempos de ciclos semafóricos difiere de las mejoras hechas en el programa SYNCHRO v12; adicionalmente un tiempo corto en el ciclo semafórico dificultaría un mayor flujo peatonal.

La importancia de mejorar la seguridad de los peatones sin alterar al resto de usuarios como enfatiza (Cortés & Beristain, 2018) se aplicó al analizar por separado el



nivel de servicio vehicular y el flujo peatonal las tablas 11 y 12 muestran estadísticamente la mejor propuesta para mejorar el flujo peatonal.

Se comprueba lo que dice (Hutabarat Lo, 2009) sobre poca seguridad y comodidad que ofrece el manual del HCM v2010 para los al encontrar un flujo peatonal variable y no cómodo para las microsimulaciones 7 y 8 teniendo estas las mejoras en cuanto a nivel de servicio vehicular y que fueron calculadas con el manual del HCM v 2010.

Debido a la geométrica de esta intersección como lo muestra la simulación 1 se observa que esta intersección no opera en las mejores condiciones siendo implementar mejoras como indica (Sanchez Cruz, 2019), para ello fue necesario utilizar el programa SYNCHRO v12 que contiene otros manuales para el cálculo del ciclo semafórico.

La alternativa de un carril adicional en la Avenida Tacna mejora los niveles de servicio en esta avenida como se observa en el gráfico de la Figura 23 confirmando que una de las medidas de solución que plantea (López Hernández et al., 2020) donde simulan un estado en que reubican los estacionamientos para obtener un carril adicional.

Una planificación previa contribuye al flujo vehicular como indica (Suárez Bermúdez, 2019), las propuestas donde se aumenta un carril mejoran el nivel de servicio vehicular teniendo que ser estas además constantemente evaluadas dependiendo al crecimiento del parque automotor.

El uso de PTV VISSIM mostro una visión amplia de los escenarios posibles que ocurren con los cambios en los elementos de tráfico propuestos en esta tesis afirmando lo que dice (Coronado Malca, 2020) usando microsimulación para este objetivo.

4.6 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo al tratamiento de las variables podemos definir la mejor prueba de hipótesis mediante un test de Friedman.

Planteamiento de la hipótesis

Hipótesis nula $H_0 = 0$; La microsimulación con el programa PTV VISSIM no optimiza el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal en los Jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre.

Hipótesis alterna $H_a \neq 0$; La microsimulación con el programa PTV VISSIM optimiza el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal en los Jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre.

Prueba de hipótesis utilizada

Para comprobar la hipótesis general se realizó el test de Friedman para k muestras relacionadas

$$Fr = \frac{12}{nk(k+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2) - 3n(k+1)$$

Donde:

n =Total de sujetos

k =Total de condiciones

R_k^2 =Sumatoria de rangos por cada condición cuadrada.

$Fr=45.13 > 14.0671$ Nivel de servicio vehicular

$Fr=72.17 > 14.0671$ Flujo peatonal



Como el test calculado es mayor al experimental se concluye que con un grado de confianza del 95% **se rechaza la hipótesis nula** y se acepta la hipótesis alterna, que se traduce en la **microsimulación** con el programa PTV VISSIM **optimiza el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal** en los Jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y Avenida La Torre



V. CONCLUSIONES

Se comprueba que la microsimulación debido a su particularidad de analizar detalles optimiza el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal en estas intersecciones reflejando el comportamiento real y decisiones tomadas en base a resultados. Con esta investigación se muestra se puede reducir la congestión vehicular un 20.45% y se puede aumentar el flujo peatonal 11.04% en la intersección estudiada.

Obteniendo un aforo de 24 horas y procesando los datos mediante desviación estándar se concluye que la hora pico vehicular, congestión vehicular y peatonal se encuentra entre las 18-19 horas, con un promedio de 3563 veh/hora que usan esta intersección alcanzando un nivel de servicio vehicular F con demoras mayores a 63.11 s y paradas totales de 3.6 % antes de cruzar la intersección y un flujo peatonal promedio de 938 peatones/hora con una densidad de 0.164 pt/m².

Se simularon 8 propuestas enfocadas en ciclo semafórico siguiendo la metodología del HCM v2010 para intersecciones semaforizadas y optimizando estas con el programa SYNCHRO V12, también se propuso adicionar un carril en la avenida Tacna debido a su geografía y tipo de vehículos que circulan por esta calle que toman la ruta hacia el Jirón Oquendo mostrando una mejora de 2.65% en cantidad de vehículos que se paran totalmente antes de cruzar la intersección. Con un flujo peatonal mayor a 0.170 pt/m² alcanzando un máximo de 0.182 pt/m² con la propuesta 7 como se observa en la figura 20.

Figura 28 Se encontró que los tramos con mayor congestión son los tramos de La Torre a los Incas con un nivel de servicio F con un 5.67% de paradas totales de los vehículos antes de cruzar la intersección, La Torre a Cahuide con un nivel de servicio F con un 4.39% de paradas totales de los vehículos antes de cruzar la intersección, Tacna a



Cahuide con un nivel de servicio F con un 5% de paradas totales de los vehículos antes de cruzar la intersección, Los Incas a La Torre con un nivel de servicio F con un 4.31% de paradas totales de los vehículos antes de cruzar la intersección y Cahuide a La Torre con un nivel de servicio F con un 4.89% de paradas totales de los vehículos antes de cruzar la intersección; los pasos peatonales con mayor flujo peatonal son los ubicados en La Torre, Cahuide y Tacna. Con valores máximos de 29.55s y 16.07s para terminar de cruzar el paso peatonal.

Utilizar la metodología HCM versión 2010 para este tipo de intersección tiene limitaciones debido a la particularidad de esta misma entre ellas encontramos: la reducción de carriles de 2 a 1 carril, la curva de Jirón Tacna hacia la Avenida La Torre; la utilización del software SYNCHRO v12 tiene manuales actualizados con los que si se pudieron mejorar el nivel de servicio vehicular pero que perjudican el flujo peatonal en los cruces peatonales de Avenida La Torre y Avenida Cahuide priorizando los vehículos sobre peatones.

Los resultados obtenidos demuestran que la microsimulación con el programa PTV VISSIM ayuda a tener un panorama más amplio para optimizar el nivel de servicio vehicular y flujo peatonal.

Como se observa en las tablas 13 a la 16 los resultados podrían no reflejar la situación futura en 5 años debido a que la tasa de crecimiento anual para vehículos ligeros en puno es de 0.92% de acuerdo al último censo realizado en el 2017; los resultados de la simulación con esta proyección se observan en figura 36 mostrando valores del nivel de servicio E siendo similares a los de la situación actual.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda al área de subgerencia de transportes de la municipalidad provincial de Puno aplicar microsimulación mediante el programa PTV VISSIM para tener un panorama completo de las deficiencias en las intersecciones con congestión; a la sugerencia de estudios definitivos incluir un estudio preliminar de transporte para nuevas avenidas o mejoramientos ya existentes para incluir o no semáforos.

La escasa participación de la Policía Nacional del Perú es evidente en estas intersecciones adaptadas a la necesidad sin ningún plan previo por lo que se sugiere la capacitación de los inspectores municipales para ejercer la autoridad que tienen hacia los vehículos especialmente a los que usan los paraderos.

Se observa que el nivel de servicio vehicular y nivel de servicio peatonal tienen distintos comportamientos por lo tanto estudiar el nivel de servicio peatonal en intersecciones semaforizadas específicas por separado al nivel de servicio vehicular reflejara mejor las limitantes que tiene la metodología del HCM v2010 para el nivel de servicio peatonal en Puno.

Implementar una oficina en la municipalidad que pueda controlar el ciclo semafórico de forma digital y adicionar un carril en el Jirón Tacna solo de 6-7 pm para disminuir el congestión y utilizar mejor los recursos existentes. Esto implica prohibir los estacionamientos en el mercado temporalmente en la última cuadra del Jirón Tacna



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga Panez, J. R. (2018). *Microsimulación del tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9 Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/274>
- Automóvil club del Ecuador. (2004). *Manual para la formación de conductores no profesionales*. <https://aneta.org.ec/cursos-de-conduccion-autos/>
- Bansal, P., Hurtubia, R., Tirachini, A., & Daziano, R. A. (2019). Flexible estimates of heterogeneity in crowding valuation in the New York City subway. *Journal of Choice Modelling*, 31, 124–140. <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2019.04.004>
- Betancourt, G. H., Osiris, J., Bencomo, V., Alberto, M., & Esparza, R. (2015). *Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones*.
- Cal, R., & Cardenas, J. (2011). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones*. ISBN: 978-970-15-1238-8
- Calatayud, A., Sánchez González, S., Bedoya, F., Giraldez, M. F., & María Márquez, J. (2021). *Congestión urbana en América Latina y el Caribe: características, costos y mitigación*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0003149>
- Coordinación de Sistemas Inteligentes de Transporte. (2006). *Manual de señalización de tránsito*. https://www.transporteinforma.cl/wp-content/uploads/2019/03/manual_senalizacion.zip
- Coronado Malca, M. F. (2020). *Investigación de la microsimulación como herramienta en el control de tráfico*. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4788>
- Cortés Ronquillo, A., & Beristain Álvarez, R. (2018). *Propuesta para el mejoramiento de la seguridad de los usuarios vulnerables, a partir de un modelo de microsimulación*. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/8234>
- Cueva Sempertegui, J. (2012). *Síntesis de intersecciones, señalización y semáforos. Análisis de medidas para reducir la congestión*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/776>



- Delgado, D., Ortiz, E., Cruz, Joao, & Casanova, G. (2020). *Plan de movilidad urbana y espacios públicos sostenibles. Caso de estudio Bahía de Caráquez* (Vol. 1).
<https://www.researchgate.net/publication/344495320>
- Fernández, R., & Leay, V. (2010). *Microsimulación y prioridad a buses en países en desarrollo estudio de casos en Santiago*.
<https://www.researchgate.net/publication/263889435>
- Gobierno Municipal de Cusco. (2016). *Plan de movilidad y espacios públicos de Cusco*.
<https://pubdocs.worldbank.org/en/470011522169269018/Revista-Ed-3-Cusco-2025.pdf>
- Gutierrez Zuñiga, D. (2019). *Aplicación del manual de capacidad de carreteras 2010 y el software SYNCHRO 8.5 para la optimización de los semáforos en el centro de la ciudad de Juliaca*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11614>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación*. ISBN: 978-607-15-0291-9
- Hutabarat Lo, R. (2009). Walkability: What is it? *Journal of Urbanism*, 2(2), 145–166.
<https://doi.org/10.1080/17549170903092867>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Circulación de vehículos a nivel nacional se incrementó 1,9% en mayo de 2023*.
<https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/circulacion-de-vehiculos-a-nivel-nacional-se-incremento-19-en-mayo-de-2023-14483/>
- Jiménez Romero, D. (2010). *Comportamiento Peatonal*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/102319>
- López Hernández, L. L., Pita Suarez, W. J., Delgado Gutiérrez, D. A., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). *Análisis del tránsito vehicular, alternativas y soluciones a congestamientos en la Avenida América, entre avenida Manabí y calle Ramón Fernández-Portoviejo-Manabí*.
<https://doi.org/10.33936/riemat.v5i2.2541>
- Mamani Quispe, M. A., & Ramos Colque, L. W. (2018). Evaluación del sistema de transporte en el centro de Puno y alternativas de solución a la planificación vial



aplicando softwares especializados, 2017. En *Repositorio de Tesis - UNA PUNO*.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9603>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s/f). *Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo* -. Recuperado el 26 de junio de 2024, de
<https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/amenaza-vulnerabilidad-y-riesgo/>

Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). *Libro de normas para estudios y diseños viales*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_6%20DCT-2016.pdf

Miramontes García, E., Osiris, J., Bencomo, V., Alberto, M., & Esparza, R. (2015). *Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas*.
<https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/691>

Municipalidad Metropolitana de Lima. (2022). *Criterios técnicos mínimos para la implementación de equipos y sistemas de semaforización en las vías de la provincia de Lima*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3574161/DA%2013%20-%2019.08.22%20%281%29.pdf.pdf>

Municipalidad Provincial de Piura. (2011). *Plan regulador de rutas urbanas e interurbanas de pasajeros para la ciudad de Piura*.
https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PR_MUNICIPALIDADES/PIURA/PR_RUTAS_PIURA.pdf

Municipalidad Provincial de Puno. (2012). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Puno 2012-2022*.
https://www.munipuno.gob.pe/Propuestas_GDU/PLAN%20DE%20DESARRO



LLO%20URBANO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20PUNO%20-%202012-2022.pdf

- Municipalidad Provincial de Puno. (2015). *Plan regulador de rutas de transporte público urbano en la ciudad de Puno*.
https://www.munipuno.gob.pe/descargas/transparencia/imagenes2011/plan_transportes/RESUMEN_EJECUTIVO_PLAN_REGULADOR_DE_RUTAS_DE_PUNO1.pdf
- Municipalidad Provincial de Puno. (2020). *Plan de desarrollo económico local de la provincia de Puno*.
- Pari Pinto, A. G., Malpartida Arrieta, V., & Olave Colque, H. (2019). Nivel de congestión del tráfico vehicular de la zona comercial de la avenida Bolognesi, Tacna – 2019. *Ciencia & Desarrollo*, 18, 32–40.
<https://doi.org/10.33326/26176033.2019.25.861>
- Porras Salazar, C. M., & Pérez Rodríguez, C. M. (2020). *Propuesta de solución al congestionamiento vehicular en la rotonda Las Americas ubicada frente al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez aplicando microsimulación en el software Vissim v . 9*. <http://hdl.handle.net/10757/628042>
- PTV Group. (2017). *PTV VISSIM 10 User Manual*.
- Real Academia Española. (s/f). *Definición de paso de peatones - Diccionario panhispánico del español jurídico*. Recuperado el 26 de junio de 2024, de <https://dpej.rae.es/lema/paso-de-peatones>
- Rodrigo Fernandez, A. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular* (Vol. 1).
<https://doi.org/10.18800/9789972429538>
- Sanchez Cruz, L. A. (2019). *Evaluación y mejora de tres intersecciones de la avenida Canadá utilizando herramienta de microsimulación de tráfico*.
<https://hdl.handle.net/20.500.14005/9221>
- Soto Sanca, D. E. (2017). *Análisis Y Planificación Vial Del Tránsito Vehicular En El Cercado De La Ciudad De Juliaca*. 1–118.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5238>



Statistics Canada. (2022). *Microsimulation*. Statistics Canada.

<https://www.statcan.gc.ca/en/microsimulation/index>

Suárez Bermúdez, O. A. (2019). *Propuesta de mejoramiento operacional de la intersección Avenida ciudad de Cali con calle 72 en la ciudad de Bogotá, mediante microsimulación*. <http://hdl.handle.net/10654/34852>

Transportation research board. (2010). *Manual de Capacidad de carreteras*. ISBN: 0-309-06681-6

Vasconcellos, E. A. (2019). *Contribuciones a un gran impulso ambiental para América Latina y el Caribe, movilidad urbana sostenible. 1*.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44668/1/S1801160_es.pdf



ANEXOS

ANEXO 1: Estudio de clasificación vehicular

ANEXO 2: Propuesta de optimización vehicular y peatonal

ANEXO 3: Planos



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JORGE OMAR TITO CRUZ
identificado con DNI 70489244 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Optimización del nivel de servicio vehicular y Flujo peatonal por
microsimulación con el programa PTV VISSIM, en los jirones LOS
Incas, TACNA, Cahuide y Avenida La Torre - Puno "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagia/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que **no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros**, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de setiembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JORGE OMAR TITO CRUZ
identificado con DNI 70189244 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Optimización del nivel de servicio vehicular y flujo peatonal por
microsimulación con el programa PTV Vissim, en los jirones Los
Ircas, Tacna, Cahide y Avenida La Torre - Puno "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de setiembre del 2024


FIRMA (obligatoria)


Huella