

Optimización del servicio para mitigar la congestión vehicular

Service optimization to mitigate traffic congestion

Jhonny Bryan Maldonado Ballesteros

johnnybm852@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-2397-8155>

Universidad Privada Domingo Savio. Potosí, Bolivia.

Artículo recibido 28 de noviembre de 2022 / Arbitrado 08 de diciembre de 2022 / Aceptado 14 febrero 2023 / Publicado 01 de abril de 2023

RESUMEN

La congestión vehicular se produce cuando el volumen de tráfico o de la distribución normal del transporte genera una demanda de espacio mayor que el disponible. El presente estudio tuvo por objetivo proponer mejoras de los niveles de servicio para reducir la congestión vehicular en la intersección de la avenida Tinkuy - Canadá - H. Vásquez - Independencia, de la ciudad de Potosí. Se desarrolló a través de un enfoque cuantitativo, un tipo de investigación descriptiva y un diseño de campo, se recolectó la información a través de la técnica de la observación y como instrumento un registro de aforo vehicular, se toma el objeto de estudio a la ingeniería de tráfico urbano, se identifica como campo de acción el nivel de servicio vehicular. Los resultados mostraron que actualmente la intersección descrita tiene un nivel de servicio "C". Además, se analizaron las alternativas para mejorar los niveles de servicio de la intersección, siendo seleccionada la tercera, la cual propone la incorporación de una nueva rotonda en la intersección.

Palabras clave: Servicio; rotonda, flujo vehicular.

ABSTRACT

Vehicular congestion occurs when the volume of traffic or the normal distribution of transportation generates a demand for space greater than that available. The objective of this study was to propose improvements in service levels to reduce vehicle congestion at the intersection of Tinkuy - Canada - H. Vásquez - Independencia avenue, in the city of Potosí. It was developed through a quantitative approach, a type of descriptive research and a field design, the information was collected through the observation technique and as an instrument a vehicle capacity record, the object of study is engineering. of urban traffic, the level of vehicular service is identified as a field of action. The results showed that currently the described intersection has a service level "C". In addition, alternatives were analyzed to improve the service levels of the intersection, and the third was selected, which proposes the incorporation of a new roundabout at the intersection.

Keywords: Service; roundabout; vehicular flow.

INTRODUCCIÓN

El transporte puede generar diversos impactos ambientales adversos, como invasión de la tranquilidad en ciertas áreas, incremento en el riesgo de accidentes viales y además congestión vehicular, la que ha crecido en todo el mundo debido al número de vehículos en circulación y se traduce en el incremento de tiempos de viaje, incertidumbre en horarios de llegada, aumento de consumo de combustible, contaminación por las emisiones, así como otros costos de operación y mantenimiento en comparación con el flujo vehicular libre.

En la ciudad de Potosí se encuentra la intersección compuesta por las avenidas Tinkuy, Canadá - Calles H. Vásquez e Independencia que presenta congestión vehicular. La problemática de flujo vehicular generada en horarios pico, debido a la proximidad a establecimientos educativos y ferias de auto venta los días miércoles y sábado, además de la variedad de tipos de vehículos que circulan y las pendientes considerables en algunas vías de la intersección, generan de manera directa un incremento del congestionamiento vial, que conlleva el incremento de accidentes viales. Es por esto, que el estudio se basó en proponer mejoras de los niveles de servicio para reducir la congestión vehicular en la intersección de la avenida Tinkuy - Canadá - H. Vásquez - Independencia, de la ciudad de Potosí.

Como antecedentes se señalan a Vera et al. (2012) en su tesis “Aplicabilidad de las metodologías de la HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima” propone emplear las herramientas del HCM 2000 y Synchro 7 para el análisis de una intersección semaforizada típica dentro de la ciudad de Lima, así mismo compara los resultados obtenidos y los verifica con mediciones directas de los parámetros en campo.

Igualmente, Gonzales Rubianes & Rey Fuentes (2016) presenta su tesis “Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la av. Rafael Escardo comprendida entre las avenidas Costanera, La paz y la Libertad, Lima – San Miguel”, en la que propone una alternativa para mejorar el nivel de servicio de tres intersecciones en el distrito de San Miguel, mediante el análisis del flujo de saturación, la capacidad del grupo de carriles, el grado de saturación, cálculo de las demoras y finalmente el nivel de servicio actual de cada una de las intersecciones. Luego se propone soluciones evaluando los ciclos semafóricos para mejorar los niveles de servicio y por ende disminuir la congestión en esta zona en horas punta. Más recientemente, Condori y Lipa (2018) presentan su tesis “Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Avenida Bolognesi con la Avenida Basadre y Forero, 3 ciudad de Tacna”. Esta investigación propone la optimización de esta intersección, empleando herramientas del HCM 2010 y Synchro V8.

En esta perspectiva, la ingeniería de tráfico, es una ciencia definida y estructurada, que estudia las variables propias del tráfico en las ciudades (González et al., 2017). Autores como Cal & Mayor (2007) y López (2014) coinciden que constituye una fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, diseño y operación del tránsito por calles y carreteras, considerando su infraestructura, alrededores y la relación con los medios de transporte, alcanzando de esta manera fluidez eficiencia y seguridad para personas y vehículos. La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería de transporte, que trata sobre diseño, planificación y operación de tráfico en calles, avenidas, carreteras y autopistas.

Para el estudio de tráfico es indispensable estudiar tres elementos básicos, que se relacionan con la congestión vehicular, estos son: el usuario (peatón y conductor), el vehículo y la vía. El usuario, constituido por los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras (Barrios et al., 2018), a los peatones se los considera como toda la población en general y el conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. El vehículo, es cualquier artificio

destinado al transporte de personas o mercancías. La vía, se denomina calle, carretera o camino abierto al uso público, así como al camino privado utilizado por una colectividad de usuarios. (DRTC SM, 2019).

Asimismo, el flujo vehicular es conocido como el número de vehículos que pasan por un lugar determinado por unidad de tiempo (Coraspe & Marsiglia, 2011). Es el movimiento de vehículos en una calle o avenida con una dirección determinada. El Highway Capacity Manual (HCM) (2000), señala tres factores que caracterizan el flujo de los vehículos en vías urbanas:

El ambiente de la calle que incluye las características geométricas y tipo de actividad de la calle; refleja el número y anchura de los carriles, tipo de medio, puntos de acceso, existencia de estacionamientos, actividad peatonal, límite de velocidad. Las interacciones entre los vehículos están determinadas por la densidad del tráfico, la cantidad de vehículos, buses y autos. Esto afecta el flujo de los vehículos en intersección y entre señales. El control de tráfico que obliga a una parte de los vehículos a reducir la velocidad o detenerse. Los retrasos y cambios de velocidad provocadas por los dispositivos de control de tráfico reducen las velocidades continuas del vehículo, sin embargo, estos controles son necesarios para establecer el derecho de paso.

Los tipos de flujo vehicular según el HCM (2000) clasifica dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular: Flujo continuo las vías no tienen elementos fijos que sean obstáculo al volumen de tránsito y que provoquen interrupciones, tales como semáforos, altos, etc (Box, 1985). Por ejemplo: autopistas, carreteras de carriles múltiples y carreteras de dos carriles. Flujo discontinuo las vías tienen elementos fijos que provocan la interrupción del tráfico de manera periódica (Box, 1985). Estos elementos son: semáforos, señales de alto y otros tipos de control. Mediante estos mecanismos se producen paradas del tránsito, indistintamente de la cantidad de vehículos que existe.

Según el HCM (2000) las vías urbanas son vías de flujo interrumpido o discontinuo, como vías arteriales o vías colectoras. Estas vías se caracterizan por tener densidades de vehículos relativamente altas, con cruces y accesos que interrumpen el flujo de tráfico (señalización, paradas en las vías).

Los puntos de conflictos del flujo vehicular son cruces de trayectorias que representan una posibilidad de accidente en las intersecciones, y se relaciona con la ineficiencia de las reglas de prioridad. Los tipos de conflictos pueden ser: Maniobras de convergencia: dos trayectorias se unen en una común; maniobras de divergencia: dos trayectorias se separan de una común y maniobras de cruce: dos trayectorias ocupan el mismo lugar. Estas maniobras dependen del número de accesos, movimientos de giro permitidos y del tipo de control de tránsito. Por ejemplo, una intersección con 4 accesos presenta 32 potenciales conflictos.

Cabe considerar, que el tráfico vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle, avenida o carretera. Se entiende como tráfico vehicular a la circulación de vehículos por una vía, calle, etc. Los indicadores del tráfico vehicular son: volumen, velocidad y densidad. La congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás. (Thomson et al., 2001). Por tanto, es la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías.

Entre las principales causas de congestión vehicular se tiene: características del transporte urbano, cantidad de automóviles, condiciones de la infraestructura vial, forma de conducir unidades vehiculares, y problemas en la gestión pública del transporte.

Por otro lado, los tipos de semáforos pueden ser: Con control de tiempo fijo (prefijados): son aquellos en los cuales la secuencia de fases es mostrada en orden repetitivo. Cada fase presenta intervalos fijos que mantienen la longitud del ciclo constante. Los semáforos con control totalmente actuado: son aquellos en los cuales la distribución de los tiempos en todos los accesos de la intersección es controlada por detectores vehiculares. Los semáforos con control semi-actuado: son aquellos en los que algunos

accesos (típicamente los de la vía secundaria) tienen detectores y otros accesos no (típicamente los de las vías principales).

Debe señalarse, que tipos de intersección pueden ser: Tipo T: Se les llama así a las configuraciones de tres ramas, que se asemejan a un “T” o una “Y”. En éstas, es frecuente el caso de ramas de diversa importancia, lo cual se determina mediante los conteos pertinentes. La cantidad de movimientos posibles es seis, si todas las ramas tienen doble sentido, y cuatro y dos si unas de ellas o todas tienen sentido único, respectivamente. Esto sin considerar la posibilidad de giros en “U”. Cuatro vías o tréboles: Reciben tal nombre las configuraciones de cuatro ramas, que asemejan una cruz. La cantidad máxima de movimientos posibles es doce, si todas las ramas tienen doble sentido, y siete y cuatro si dos o cuatro de ellos tienen sentido único, respectivamente (sin giros en “U”). La importancia de los movimientos se detecta mediante conteos.

Vías múltiples: Este tipo de intersección es difícil de tratar y por lo general se prefiere suprimir una de las ramas, empalmándola con otra fuera de la intersección, si ello es posible. Si no lo es, la solución suele ser complicada o del tipo giratorio, o bien fuerza al establecimiento de sentidos únicos a algunas de las ramas.

Combinación con cruces a desnivel: Este tipo de sistema funciona de manera combinada ya que una dirección se maneja sólo con semáforos de la manera tradicional; mientras que la otra dirección se maneja de 2 formas; con semáforo y con un cruce a desnivel. Esto logra controlar las largas colas que se forman en la dirección más saturada liberando de todos los vehículos que siguen de frente. Los vehículos que quieran realizar giros hacia la derecha o izquierda tienen que entrar en las vías auxiliares y esperar el semáforo como cualquier intersección normal.

De igual forma, los niveles de servicio son: Nivel de servicio A: Muestra las operaciones con una demora no mayor a 10 segundos por vehículo. Se evidencia circulación libre, usualmente la relación de volumen a la capacidad es baja, la progresión es excepcionalmente favorable o la duración del ciclo es corto. Nivel de servicio B: Muestra las operaciones con una demora entre 10 y 20 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no mayor de 1.0. Se tiene una mayor cantidad de vehículos que se detienen que el nivel de servicio A.

El nivel de servicio C: Muestra las operaciones con una demora entre 20 y 35 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no superior a 1.0, la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderado. Se evidencia fracasos, es decir, uno más vehículos en cola no son capaces de salir como resultado de un ciclo de semáforo ineficiente. Nivel de servicio D: Muestra las operaciones con una demora entre 35 y 55 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no superior a 1.0. La progresión es ineficaz o la duración del ciclo es largo. Se evidencia que muchos vehículos se detienen. Nivel de servicio E: Muestra las operaciones con una demora entre 55 y 80 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no mayor a 1.0. La progresión es desfavorable y la duración del ciclo es largo. Y por último, el Nivel de servicio F: Muestra las operaciones con una demora mayor de 80 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad mayor a 1.0, muy alto. La progresión es pobre y se evidencia siempre la presencia de cola.

MÉTODO

Este estudio fue de enfoque cuantitativo, Alan y Cortez (2017) sostienen que “es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados”, y un tipo de investigación descriptiva, según Hernández et al., (2014) ya que “su finalidad es especificar las propiedades, las características y los

perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”, los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos (Arias, 2006), porque permitió observar y describir los factores que intervienen en el flujo vehicular de la intersección estudiada, de la misma forma será propositiva porque permitirá diagnosticar la problemática de congestión vehicular en las avenidas y calles que convergen en la intersección estudiada para proponer y simular una alternativa de solución que permitió planear la mejora del nivel del servicio en la intersección semaforizada de la avenida Tinkuy - Canadá - H. Vásquez - Independencia, de la ciudad de Potosí. Por otra parte, utiliza elementos cualitativos. La técnica fue la de aforo vehicular que se refiere al conteo de vehículos realizado durante periodos de tiempo determinados, con el objetivo de caracterizar el flujo vehicular efectivo en la intersección estudiada.

El conteo vehicular permitió identificar y sistematizar los tipos de vehículos con la finalidad de poder simular y determinar el nivel de servicio que ofrecen las vías de la intersección en la actualidad. El instrumento de investigación empleado fueron las planillas de aforo vehicular. La población la constituyó la totalidad de vehículos que circulan por la intersección de la avenida Tinkuy - Canadá - H. Vásquez - Independencia de la ciudad de Potosí. La muestra se estableció por muestreo no probabilístico, que consistió en los vehículos que circularon durante quince días de aforo vehicular, pues se consideró que la variación y representatividad del flujo vehicular tendría un carácter de repetición semanal. Debido a la naturaleza metodológica no se utilizó una validación ni un cálculo de la confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados del estudio fueron los siguientes:

Tabla 1.

Características geométricas de las vías en estudio

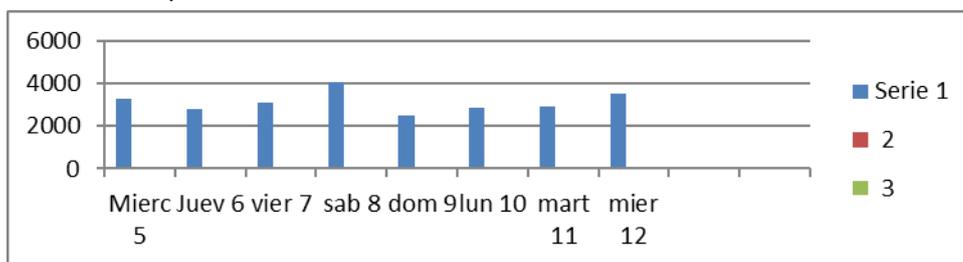
Vía	PENDIENTE		CARRIL			
	Google earth (%)	Sentido	N carril	Ancho (m)	Total (m)	
H. Vásquez	8.75	8.8	Bajada	1	4.0	4.0
Subida	1	4.0	4.0			
Canadá arriba	5.75	6.82	Bajada	3	3.7	11.1
Subida	2	3.9	7.8			
Canadá abajo	9.53	9.62	Bajada	2	4.4	8.8
Subida	2	3.9	7.8			
Independencia	7.13	5.74	Bajada	1	4.4	4.4
Subida	1	4.4	4.4			
Tinkuy	2.37	2.25	Izquierda	2	4.0	8.0
Derecha	2	4.0	8.0			

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de semaforización que se tienen en las intersecciones cuentan con la misma fase de tiempo siguiente: 35 Seg. 3 Seg. 19 Seg.

Figura 1.

Total de vehículos mixtos por día

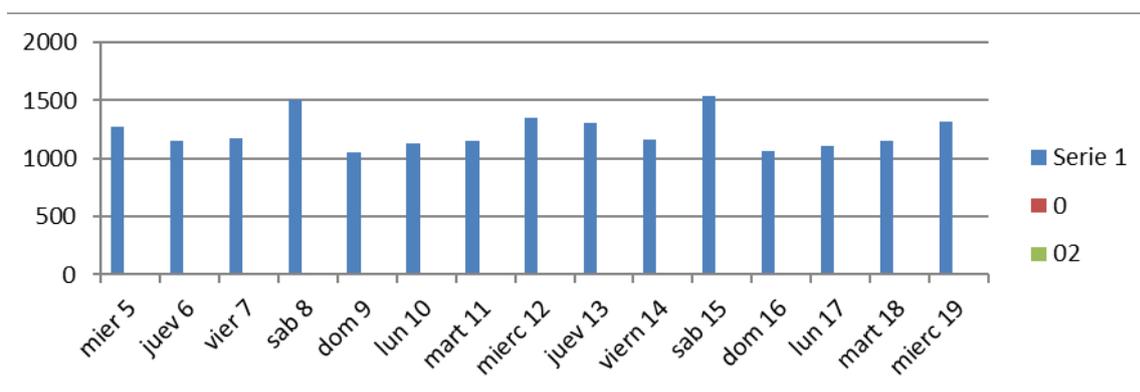


Fuente: Elaboración propia

La mayor circulación vehicular en la intersección, en el horario de medio día (11:00 a 13:00), generando una primera aproximación para identificar el horario crítico o cuello de botella que se pretende resolver, sin embargo, estos datos iniciales, serán confirmadas o ratificadas por un segundo periodo de aforo en un único horario (11:00 a 13:00) que determinen variaciones entre ambos periodos de levantamiento de datos.

Figura 2.

Total de vehículos mixtos por día en el horario 11:00 - 13:00



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del levantamiento de datos, durante los 15 días están detallados en la figura 2, que confirma que el día de mayor circulación de vehículos corresponde a los sábados (sábado 8 de mayo 1508 vehículos circulando y el sábado 15 de mayo 1533 vehículos circulando en el mismo horario) y muestra además que los días miércoles tienen similar comportamiento (1277,1352 y 1317 vehículos circulando los días miércoles 5, 12 y 19 de mayo).

Tabla 2.

Total de vehículos

Total de vehículos		LIVIANOS	MICROS Y MINIBUSES	CAMIONES Y FLOTAS	
mixtos HORAS	TOTAL				
11:30	11:45	219	152	47	20
11:45	12:00	190	129	46	15
12:00	12:15	218	145	58	15
12:15	12:30	198	123	56	19
TOTAL	825	549	207	69	

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 2, se observa que los automóviles livianos son los que predomina en esta intersección, seguido de los micros y minibuses. Sin embargo, para efectos de eficiencia y por las características de la intersección que contempla la línea férrea en toda la extensión de la avenida Tinkuy, el levantamiento de datos para analizar si el paso del tren afecta a la intersección de estudio. Igualmente, el uso de la línea férrea con el paso del tren en un horario definido que está comprendido entre las 11:15 a 11:30. La interrupción del paso del tren considera un tiempo menor a 5 minutos en un horario que no está considerado como horario pico.

De acuerdo a los resultados, el flujo de vehículos es caótico en esta zona debido a dos factores fundamentales, la feria vehicular en dos días de la semana, la línea férrea y uno adicional es la poca o ninguna educación vial en conductores de vehículos de alto tonelaje y los de servicio público como los buses. La característica de circulación vehicular en la intersección de las calles H, Vásquez e Independencia y las avenidas Tinkuy y Canadá, ha permitido identificar el área de flujo vehicular que permitirá realizar el proceso para la obtención de datos.

Para caracterizar la situación actual del tráfico vehicular en el área de estudio se inicia metodológicamente con la realización del aforo en el área de estudio, previamente planificados, la misma que se realiza en dos momentos y en horarios definidos en base a observaciones preliminares. El primer momento de la realización de la campaña de 10 aforo se ejecuta entre el 5 y 19 de mayo de 2021, los primeros ocho días se toma datos en tres horarios, los mismos son de 08:00 a 10:00 luego entre las 11:00 y 13:00 para luego concluir con el horario de 16:00 a 18:00.

Los resultados preliminares del levantamiento de datos y el análisis inicial, indican que el tráfico vehicular es muy problemático en el horario de 11:00 a 13:00, razón por la que se toma la decisión de realizar el aforo los siguientes siete días de manera de poder comparar el comportamiento en este horario, datos que se toman por periodos de intervalo de 15 minutos.

El levantamiento de datos de las características geométricas de las vías, es importante para la determinación del nivel de servicio de la intersección, la tabla 1 muestra con claridad técnica las pendientes y ancho de vía, en la que señala adicionalmente el número de carriles y la orientación (sentido de carril).

En otro orden de ideas, la circulación de vehículos mixtos en la intersección por día (fechas y días del aforo de la primera semana), presenta una variación entre días de la semana, ratificando que los días sábado y miércoles son los que registran las cantidades más altas de circulación de vehículos y congestionamiento (días de feria de venta de vehículos). Los datos que se logran son importantes en la determinación del nivel de servicio en las intersecciones que cuentan con semáforos. La figura muestra además que el día domingo dentro la semana de realización de aforo en las intersecciones, es la que menor cantidad de vehículos de circulación registra.

Los datos que se lograron recolectar, tomados en periodos de tiempo cada cinco minutos, muestran que en el horario de 11:20 a 11:25 circulan 60 vehículos, el cual se podría decir que no afectaría en mayor importancia a la intersección de estudio. Pero cabe aclarar que el horario de circulación del tren depende a que, si existe carga para su transporte, lo cual nos podría decir que no se puede determinar exactamente.

Una vez hecho las observaciones y cálculos se hace el modelaje mediante el software Synchro con el uso del factor de crecimiento se pudo observar que para una proyección de 10 años se tiene un nivel de servicio tipo E con una demora de 70.3 seg. y para una proyección de 20 años se tiene un nivel de servicio tipo F con una demora de 237.4 seg., el cual nos indica que, si o si empeorara la situación de congestión vehicular en la intersección de estudio, y se tendrá que ver alternativas de solución el cual mejore la situación.

La información obtenida del nivel de servicio de la intersección de estudio en situación actual permite plantear cuatro alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio y reducir de esta manera el congestionamiento vehicular; a continuación, se describen y analizan las alternativas:

A partir del diagnóstico se entiende la intersección como conflictiva, es así que la alternativa uno considera la instalación de semáforos en la Avenida Canadá (Bajada). Una vez agregado el semáforo en la Avenida Canadá (bajada) se realizó el procedimiento para la obtención del nivel de servicio para la intersección de estudio. Realizado el cálculo mediante el software Synchro se logra obtener un nivel de servicio tipo C con un tiempo de demora de 26.4 seg., la diferencia es que ya no se consideraría una intersección crítica.

La segunda alternativa de solución considera la creación de nuevas rutas e instalación de semáforos para todas las calles de la intersección Avenida Tinkuy - Canada – H. Vásquez – Independencia. Para este análisis se agregarán nuevas rutas de dirección, los cuales conllevan a un reordenamiento vehicular y que la intersección se analice como dos intersecciones separadas. Para la obtención de valores de nivel de servicio en la intersección Avenida Tinkuy - Canadá - Independencia, se agregó semáforos en todas las calles que corresponden a la intersección estudiada, después se realizó el análisis mediante el software, se logra obtener un nivel de servicio Tipo C con una demora de 25 seg., se podría decir que la duración del ciclo es moderada

La tercera alternativa de solución considera la implementación de una sola rotonda para una mejor distribución del flujo vehicular. Por la circulación de todo tipo de vehículos en la intersección estudiada y aplicando el manual de diseño geométrico de carreteras de la ABC, nos permite proponer la rotonda cuyas características básicas señalan, un radio interno mínimo de 7 m y un radio externo de 20 m, que son los giros mínimos para un camión semirremolque de diseño, esto solucionaría la circulación de vehículos que tienen más de 18 m de largo, para el diseño de la rotonda se utilizó el software Civil 3d, con respaldo del levantamiento topográfico.

La cuarta alternativa de solución considera el paso a desnivel que contempla la calle Independencia, la avenida Tinkuy y la calle H. Vásquez la cual daría flujo libre a la avenida Canadá. Esta alternativa genera una circulación fluida sin ninguna interrupción en la avenida Canadá, lamentablemente los requerimientos técnicos de ancho de carril fundamentalmente en la calle H. Vásquez y la calle Independencia, no son los apropiados para una infraestructura de este tipo, en las siguientes figuras se logra observar los anchos y cruces de vehículos.

Alternativa seleccionada para la mejora del nivel de servicio fue la tercera, es decir, la rotonda para la mejora de los niveles de servicio y el ordenamiento vehicular.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que actualmente la intersección tiene un nivel de servicio C, habiendo obtenido esta calificación por medio de análisis y cálculo mediante la metodología del HCM un nivel de servicio tipo C (tiempo de demora de 23.31 seg.), y verificada con la simulación en el software Synchro V10 (tiempo de demora de 23.4 seg.), adicionalmente se caracteriza como intersección conflictiva debido a la falta de semaforización en la Avenida Canadá (bajada).

El análisis sugiere la inclusión de una nueva rotonda adicional en la intersección, ya que conllevaría a una notable mejora de los niveles de eficiencia de la intersección en cuestión. Específicamente se espera que el nivel de servicio, que en el estado actual es clasificado como C, avance a un nivel A (con un tiempo de demora de 5,7 segundos) debido a la reorganización del flujo vehicular. Incluso al proyectar esta mejora a lo largo de 10 años, la propuesta sigue siendo significativa, resultando en un nivel A (con tiempo

de demora de 8.8 seg.), Sin embargo, para un horizonte de 20 años, se observa una disminución de la eficiencia, alcanzando un nivel D (con un tiempo de demora de 30 seg.), En ese momento sería necesario explorar soluciones alternativas para abordar esta cuestión.

Además, se han explorado diversas alternativas de solución para abordar este problema de tráfico en la intersección. La primera alternativa con templa la instalación de un semáforo en la avenida Canadá, como medida para gestionar el flujo vehicular. La segunda alternativa sugiere la creación de nuevas rutas de dirección que podrán distribuir el tráfico de manera más eficiente. Por último, la tercera alternativa propone la construcción de un paso a desnivel, como una forma de separar las corrientes del tráfico y reducir la congestión en la intersección en la intervención. Cada una de estas opciones se ha evaluado en términos su viabilidad y capacidad para mejorar los niveles de servicio en la intersección.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Caracas: Editorial Episteme.
- Barrios, M. W. (2018). Análisis del nivel de servicio vehicular y modelamiento en el software synchro traffic 8 del Jr. Silva Santiesteban de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.
- Condori, M. A. J., & Lipa, F. J. C. (2018). Optimización del flujo vehicular en la Intersección Vial de la Avenida Bolognesi con la Avenida Basadre y Forero, ciudad de Tacna.
- Coraspe, L. A., & Marsiglia, O. J. (2011). Análisis del flujo vehicular en las avenidas que convergen en la plaza de Las Banderas (avenida República, avenida Menca De Leoni, prolongación Paseo Orinoco y prolongación Avenida República) ciudad Bolívar-Estado Bolívar (Doctoral dissertation, Universidad de Oriente).
- DRTC SM. (2019). Guía del conductor. Perú.
- Estrada, L. S. (2017). Propuesta para mejorar los niveles de servicio en dos intersecciones de la av. Simón Bolívar, comprendidas entre las avenidas José de san martín y paso de los andes – pueblo libre. Lima.
- Gonzales Rubianes, D. P., & Rey Fuentes, V. A. (2016). Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las avenidas Costanera, La Paz y La Libertad, Lima–San Miguel.
- González, A. (2013). Métodos de aforo vehicular. Santo Domingo.
- González, J. R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.
- Highway Capacity Manual - HCM. (2000). Highway Capacity Manual 2000. Washington.
- Thomson, I. (2001). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. Santiago.
- Vera, J. (2012). Aplicabilidad de las metodologías del hcm 2000 y synchro 7.0 para analizar intersecciones emaforzadas en Lima. Lima.