



Análisis del tráfico vehicular y peatonal en la intersección Francisco Orellana y Luna Pizarro mediante simulaciones con el Software PTV Vissim en la Ciudad de Jaén

Analysis of vehicular and pedestrian traffic at the intersection of Francisco Orellana and Luna Pizarro streets through simulations with PTV Vissim software in the city of Jaen

Salía Díaz¹, Patricia Horna²

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el flujo vehicular y peatonal en la intersección de las calles Francisco Orellana N°01 y Luna Pizarro N°02 y 03, utilizando el software PTV Vissim en la ciudad de Jaén. La metodología comprendió un estudio detallado en la intersección, revelando la generación de colas en los vehículos y retenciones vehiculares debido al giro de la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste, con consecuente desplazamiento inadecuado de peatones. La implementación del software PTV Vissim permitió simular tanto el escenario actual como el escenario propuesto, que incorporó cambios como la eliminación del giro para vehículos pesados en la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste, la canalización de movimientos peatonales mediante demarcación vial en el pavimento y la introducción de semáforos. Los resultados de la simulación propuesto demostraron un nivel de servicio "B", con mejoras significativas en la velocidad de acceso a Francisco Orellana sur, alcanzando 25 km/h y disminuyendo progresivamente a 10 km/h. En conclusión, la implementación de cambios sugeridos por el escenario proyecto se revela como una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia y seguridad en la intersección evaluada.

Palabras clave: flujo vehicular, intersección, PTV Vissim, demarcación vial, semáforos.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the vehicular and pedestrian flow at the intersection of Francisco Orellana Street N°01 and Luna Pizarro Street N°02 and 03, using PTV Vissim software in the city of Jaén. The methodology included a detailed study at the intersection, revealing the generation of vehicle queues and vehicle hold-ups due to the turning from Francisco Orellana Street south to Luna Pizarro Street west, with consequent inadequate pedestrian movement. The implementation of the PTV Vissim software allowed simulation of both the current scenario and the proposed scenario, which incorporated changes such as the elimination of the turn for heavy vehicles on Francisco Orellana street south to Luna Pizarro Street west, the channeling of pedestrian movements through road demarcation on the pavement and the introduction of traffic lights. The results of the proposed simulation demonstrated a level of service "B", with significant improvements in the speed of access to Francisco Orellana south, reaching 25 km/h and progressively decreasing to 10 km/h. In conclusion, the implementation of changes suggested by the project scenario proves to be an effective strategy to improve efficiency and safety at the evaluated intersection.

Keywords: vehicular flow, intersection, PTV Vissim, road demarcation, traffic lights.

DOI:

Recibido: 05/10/2023. Aceptado: 23/11/2023

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, Perú. Email: saliadisil@gmail.com

2. Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, Perú. Email: patricia.horna@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Jaén experimenta desafíos significativos en cuanto a su sistema de transporte público local. En el ámbito intraurbano, el transporte se caracteriza predominantemente por la utilización de unidades de menor envergadura, tales como motocicletas lineales y mototaxis. Este escenario se ve agravado por la ausencia de una adecuada señalización de tránsito vehicular, estrategias insuficientes por parte de las autoridades competentes, y una infraestructura vial de transporte público deficiente, manifestada en la carencia de estacionamientos y paraderos debidamente planificados. Como consecuencia, los vehículos utilizan las vías públicas con propósitos de estacionamiento, dando lugar a la congestión tanto del tráfico vehicular como del peatonal, especialmente en las calles Francisco Orellana y Luna Pizarro.

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), la población de Jaén en el año 2017 alcanzó la cifra de 185,432 habitantes, según el censo realizado en ese mismo año. Paralelamente, se registra un parque vehicular total de 11,296 vehículos para el año 2021, según información proporcionada por la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP, 2022). Para abordar este complejo problema, resulta imperativo recurrir a los principios y metodologías de la ingeniería de tránsito. Esta disciplina se encarga de llevar a cabo análisis detallados en términos de planificación, diseño de proyectos y operación de los sistemas viales (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). El objetivo de la investigación fue evaluar la situación de fluidez vehicular y peatonal, para ello se empleó el software PTV Vissim en la intersección de las calles Francisco Orellana N° 01 y Luna Pizarro N° 02 y 03 en el sector Morro Solar en la ciudad de Jaén – Cajamarca

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del proyecto

La investigación se desarrolló en el distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con las siguientes coordenadas UTM: Datum WGS-84, Huso: 17, Zona: M, Norte: 9368691, Este: 742787, Altitud: 729 m.s.n.m.

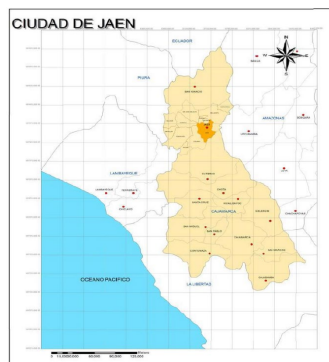


Figura 1. Ubicación del proyecto.

Materiales

Software PTV Vissim, Cámara, Trípode y Estación total.

Métodos

HCM (Highway Capacity Manual), la metodología HCM usa modelos determinísticos para obtener parámetros asociados a los distintos modos de transporte y una herramienta opcional es la micro simulación (PTV VISSIM) para el desarrollo de modelos de tránsito. El HCM establece los niveles de servicio, los cuales son una clasificación cuantitativa de los parámetros de circulación.

Desarrollo de la investigación

La Figura 2 presenta el diagrama de flujo correspondiente a la metodología empleada para analizar y estudiar la intersección. Se recopilación los datos de tráfico como paso inicial. Posteriormente, se procedió a la simulación, evaluando la concordancia del modelo con la realidad observada. En caso de que la simulación se aproximara a la realidad, se avanzaba hacia la propuesta definitiva, sino se ajustaban los parámetros pertinentes y se repetía el proceso de simulación con las modificaciones implementadas. Este ciclo de ajuste y simulación se repetía hasta alcanzar un modelo que reflejara de manera óptima la dinámica del tráfico en la intersección estudiada.

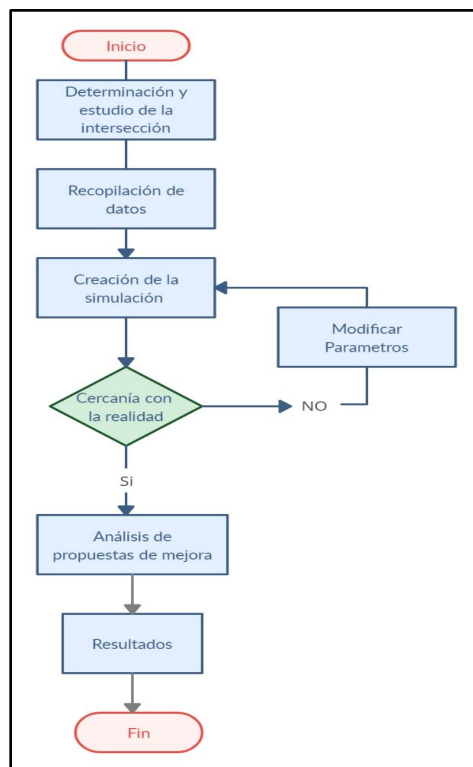


Figura 2. Diagrama de flujo

RESULTADOS

La simulación del modelo, que representa el escenario actual, se lleva a cabo mediante una comparación con los datos medidos en campo, como el volumen de tránsito. Esta fase es crucial, ya que implica la calibración del modelo para asegurar su fidelidad con la realidad observada. Una vez que el modelo ha sido calibrado de manera adecuada, se torna posible identificar con precisión los problemas de tránsito presentes en la intersección estudiada.

En la Figura 3, el nivel de servicio se erige como una métrica de calidad que caracteriza las condiciones operativas de un flujo vehicular. En el escenario actual, se destaca que el nivel de servicio en el nodo alcanza la clasificación de "C". Esta evaluación proporciona una perspectiva reveladora sobre la eficiencia y fluidez del tráfico en el mencionado punto de confluencia. La Figura 4 presenta los resultados concernientes a los niveles de servicio en las vías, con especial énfasis en los giros desde Francisco Orellana norte hacia Luna Pizarro este y oeste, los cuales ostentan un nivel de servicio "C". Por otra parte, los giros desde Francisco Orellana sur hacia Luna Pizarro este y oeste exhiben un nivel de servicio "B". Asimismo, en el enlace que conecta Luna Pizarro oeste con Luna Pizarro este, se constata un nivel de servicio "D". Estas clasificaciones detalladas proveen una evaluación minuciosa de la capacidad operativa de cada segmento vial y punto de giro, contribuyendo a una comprensión más profunda de los desafíos específicos presentes en la intersección bajo estudio.

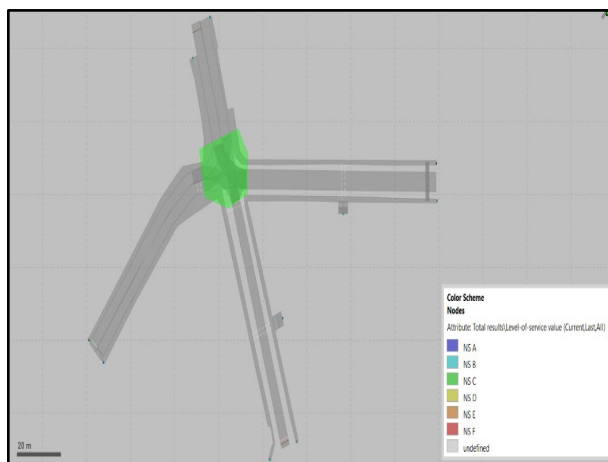


Figura 3. Nivel de servicio en nodo de la intersección Francisco Orellana y Luna Pizarro - Escenario actual

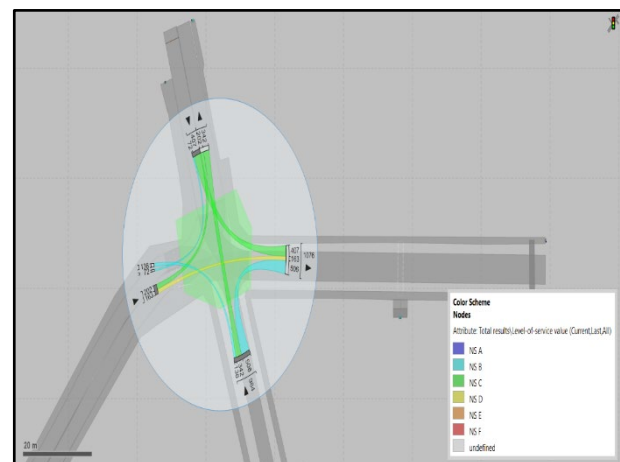


Figura 4. Niveles de servicio en enlaces de la intersección Francisco Orellana y Luna Pizarro-Actual

La velocidad en una intersección urbana no semaforizada no debe superar los 30 km/h según Comunicaciones (2021), en la Figura 5 se muestra la velocidad promedio a la que se desplazan los vehículos en cada una de las vías, donde se alcanzan velocidades de 5 km/h, 10 km/h, 15 km/h, 20 km/h, 25 km/h y 30 km/h.

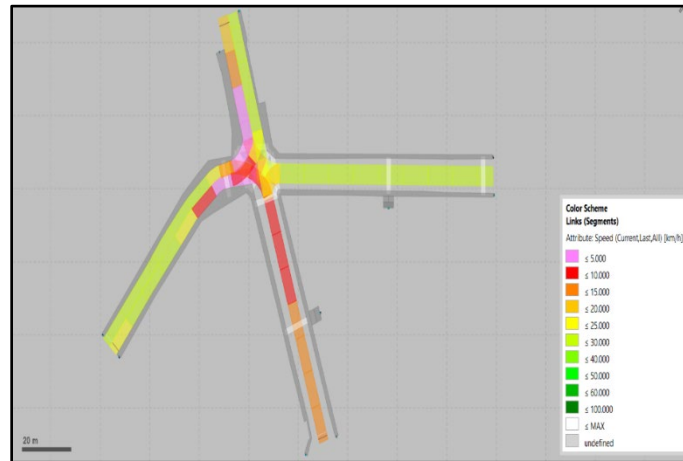


Figura 5. Velocidad de viaje en escenario actual.

Se realizó la simulación del escenario actual en función de 10 corridas con un intervalo de tiempo determinado para cada corrida de 600 a 4200 segundos; dando así un periodo de 0-600 es el tiempo de estabilidad (warm up), cuando empieza a correr el modelo este inicia sin ningún vehículo en la red para esto se da el tiempo de estabilidad para que la red se llene y podamos realizar la recolección de datos del modelo. En la tabla 1, se muestra los valores estadísticos GEH (Geoffrey E. Havers), de la simulación escenario actual.

Tabla 1. Valores de estadístico GEH (Geoffrey E. Havers) – simulación escenario actual.

Volumen de campo	Volumen estimado en simulación	GEH
1036	1026	0.31143733
361	362	0.052595168
482	484	0.091003151
1036	1095	1.807487425
361	340	1.12169629
482	486	0.181818182
1036	1063	0.833436551
361	364	0.157567719
482	502	0.901669635
1036	1000	1.128310453
361	368	0.366647961
482	448	1.576712246
1036	1070	1.047767037
361	337	1.284690546
482	488	0.272445966
1036	992	1.381763445
361	365	0.209945552
482	492	0.453143254

1036	1046	0.309937864
361	368	0.366647961
482	492	0.453143254
1036	1040	0.124154171
361	355	0.317109854
482	517	1.566030795
1036	1081	1.383142998
361	385	1.242672895
482	540	2.56576894

La Tabla 2 y Figura 6, muestra el parámetro tiempo de viaje. Este parámetro de eficiencia representa la demora que experimenta un conductor debido a la presencia de tráfico que interfiere con el funcionamiento regular de la intersección. La distancia de medida en la intersección para hacer el promedio de demora se consideró la calle Francisco Orellana sur hasta realizar el giro hacia luna Pizarro oeste.

Tabla 2. Tiempos de viaje simulación - escenario actual.

Número de corridas	Intervalo de simulación	Demoras promedió de los vehículos
1	600-4200	40.93157
2	600-4200	41.964283
3	600-4200	60.85979
4	600-4200	73.821081
5	600-4200	67.796676
6	600-4200	65.703621
7	600-4200	64.94547
8	600-4200	64.941552
9	600-4200	58.495178
10	600-4200	74.069147
Promedio		61.3528368

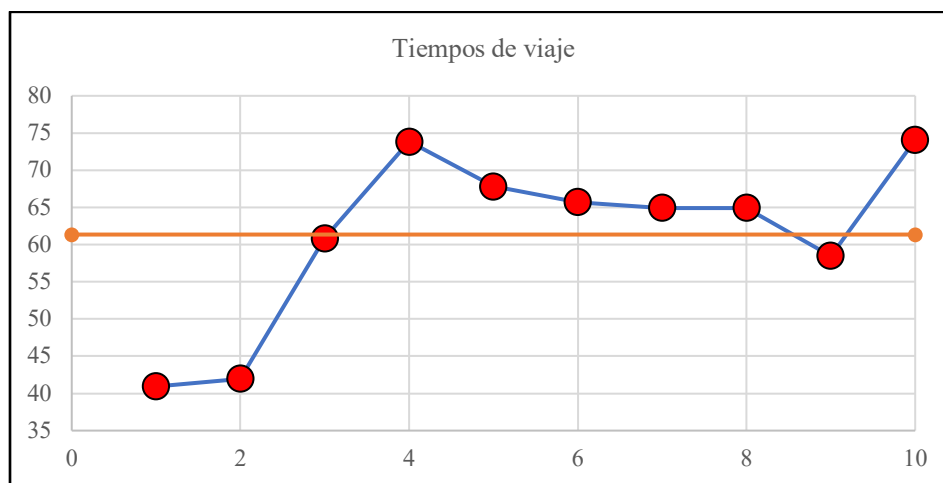


Figura 6. Representación gráfica de tiempo de viaje de simulación - escenario actual

La Figura 7, muestra cantidad de personas por metro cuadrado y las líneas peatonales en condición de paseo. Como referencia de valores de densidad peatonal, un tráfico muy denso tiene 1.5 peatones/m², denso es 1.0 peatón/m² y un tráfico medio tiene una densidad de 0.6 peatones/m². Representado las líneas con color azul una densidad menor igual a 0.077 peatones /m² y color celeste una densidad menor igual a 0.108 peatones /m² se obtuvo un tráfico peatonal medio denso.

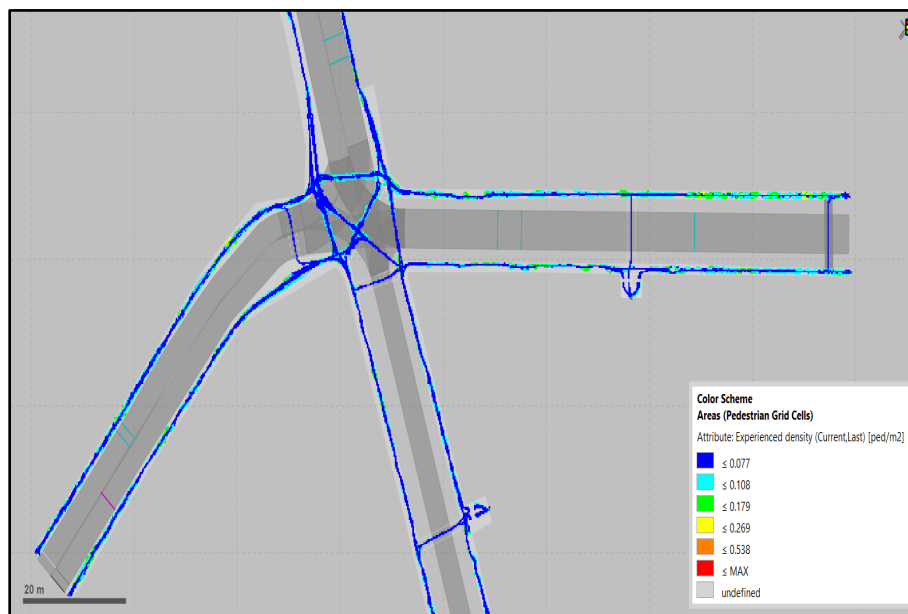


Figura 7. Densidad peatonal (persona/m²)

En el escenario proyecto, se realizó mejoras dentro de la intersección Francisco Orellana con la calle Luna Pizarro, las propuestas planteadas son las siguientes: ubicación de semáforos, demarcación vial en el pavimento de la intersección Francisco Orellana y Luna Pizarro para la canalización de peatones y eliminar el giro de la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste para vehículos pesados.

En la Figura 8, se muestra resultados del nivel de servicio en el escenario proyecto. Con la herramienta nodo del software PTV Vissim, se determinó que la intersección Francisco Orellana y Luna Pizarro representan un nivel de servicio B, el cual nos indica que el tránsito en la vía es estable.

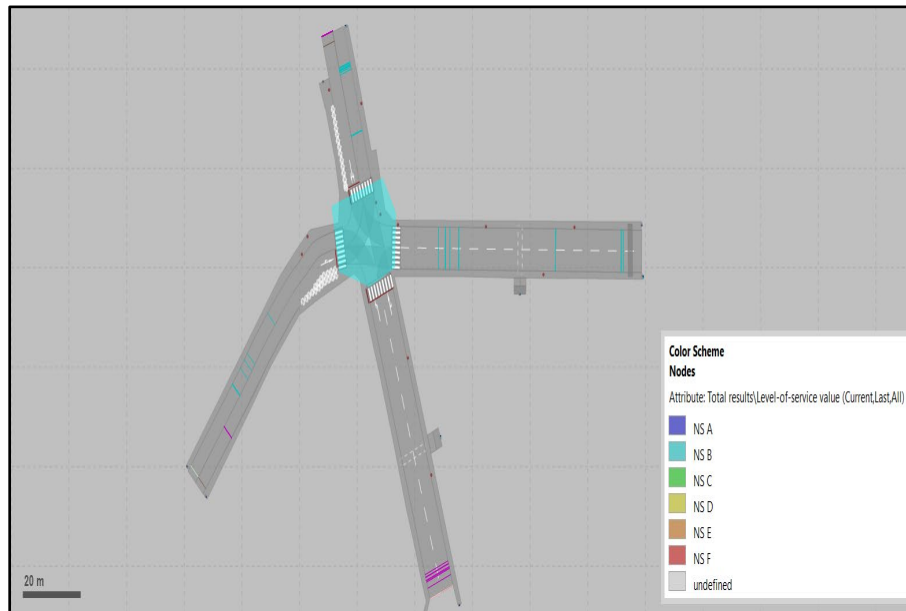


Figura 8. Nivel de servicio en nodo - Escenario proyecto

La Figura 9, muestra el nivel de servicio “A” en los giros Francisco Orellana Sur-Francisco Orellana norte, Francisco Orellana Sur-Luna Pizarro este y Francisco Orellana Sur-Luna Pizarro oeste. Un nivel de servicio “C” en los giros Francisco Orellana norte- Luna Pizarro este y Francisco Orellana norte- Luna Pizarro oeste.

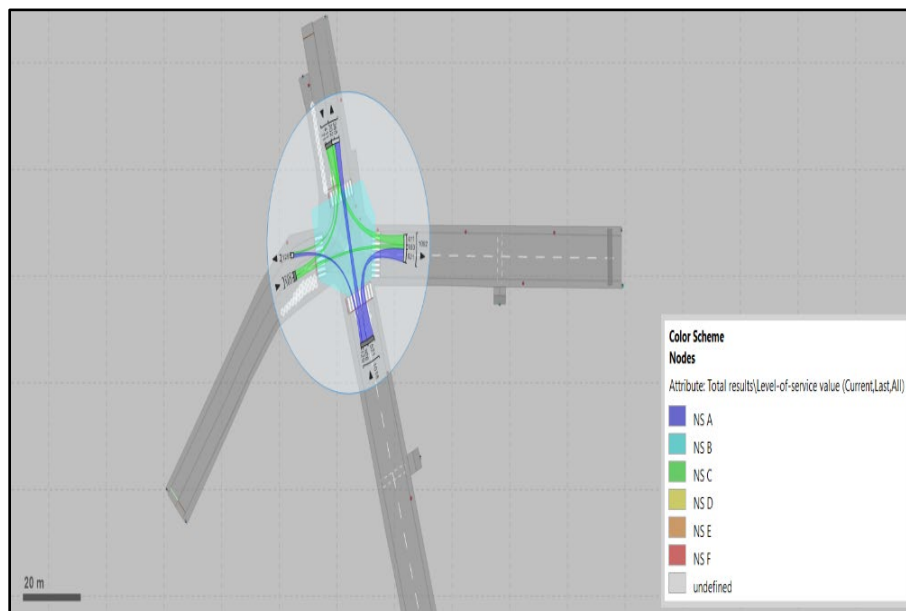


Figura 9. Niveles de servicio en los giros de la intersección Francisco Orellana y Luna Pizarro - Escenario proyecto.

La Figura 10, muestra la velocidad promedio de desplazamiento de los vehículos en cada una de las vías como resultados de simulación del escenario proyecto. Obteniendo una mejora de velocidades en el

acceso a Francisco Orellana sur se obtiene una velocidad de 25 km /h luego de 20 km/h hasta llegar a una velocidad de 10 km/h lo que nos indica que el tiempo de viaje será menor en esa calle.

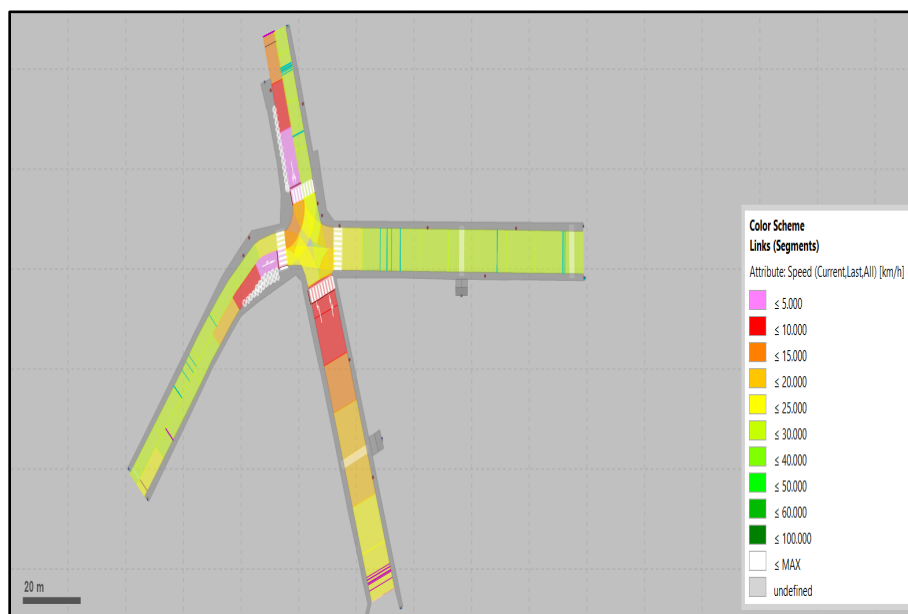


Figura 10. Velocidades de vehículos en las vías de las calles Francisco Orellana y Luna Pizarro.

La Tabla 3, muestra los datos obtenidos luego de realizar las 10 corridas en PTV Vissim. El intervalo de tiempo determinado para cada corrida es de 600 a 4200 segundos; dando así un periodo de 0-600 es el tiempo de estabilidad (warm up), cuando empieza a correr el modelo este inicia sin ningún vehículo en la red para esto se da el tiempo de estabilidad para que la red se llene y podamos realizar la recolección de datos del modelo simulado.

Tabla 3. Valores de estadístico GEH – simulación de escenario proyecto.

Volumen de campo	Volumen estimado en simulación	GEH
1036	1026	0.31143733
361	362	0.052595168
482	484	0.091003151
1036	1095	1.807487425
361	340	1.12169629
482	486	0.181818182
1036	1063	0.833436551
361	364	0.157567719
482	502	0.901669635
1036	1000	1.128310453
361	368	0.366647961

482	448	1.576712246
1036	1070	1.047767037
361	337	1.284690546
482	488	0.272445966
1036	992	1.381763445
361	365	0.209945552
482	492	0.453143254
1036	1046	0.309937864
361	368	0.366647961
482	492	0.453143254
1036	1040	0.124154171
361	355	0.317109854
482	517	1.566030795
1036	1081	1.383142998
361	385	1.242672895
482	540	2.56576894

La Figura 11, muestra los resultados obtenidos en usando el estadístico GEH es menor a 5 indica que el modelo se encuentra dentro del rango de aceptación.

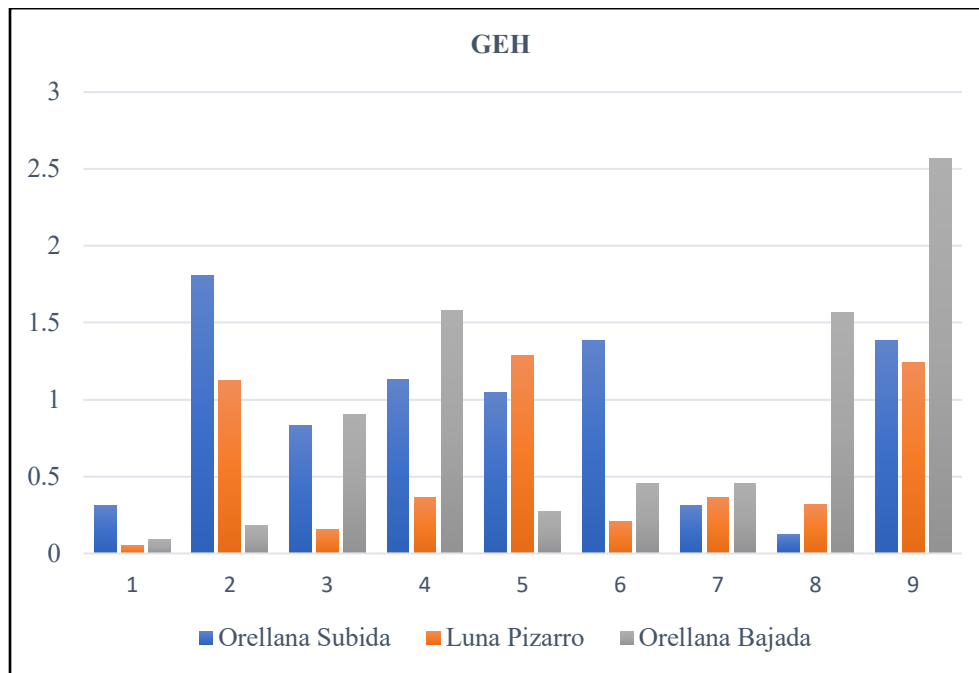


Figura 11. Representación gráfica de los valores de GEH – escenario proyecto

En la Figura 12, muestra el tiempo de viaje aumenta 70.35 segundos, este incremento de tiempo de viaje en el escenario proyecto es debido a los cambios que se hizo en la intersección como los semáforos.

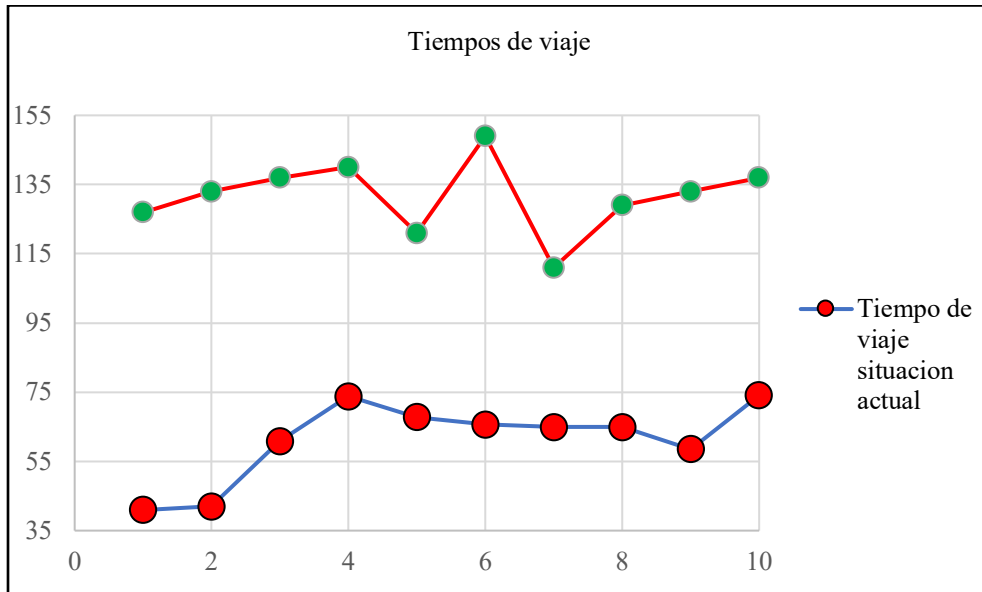


Figura 12. Tiempo de viaje de simulación escenario actual y escenario proyecto

En la Figura 13, se muestra las líneas de deseo de los peatones resultado de la simulación de escenario proyecto como indica la leyenda se tiene una densidad de 0,615 peatones/m² que representa un tráfico medio.

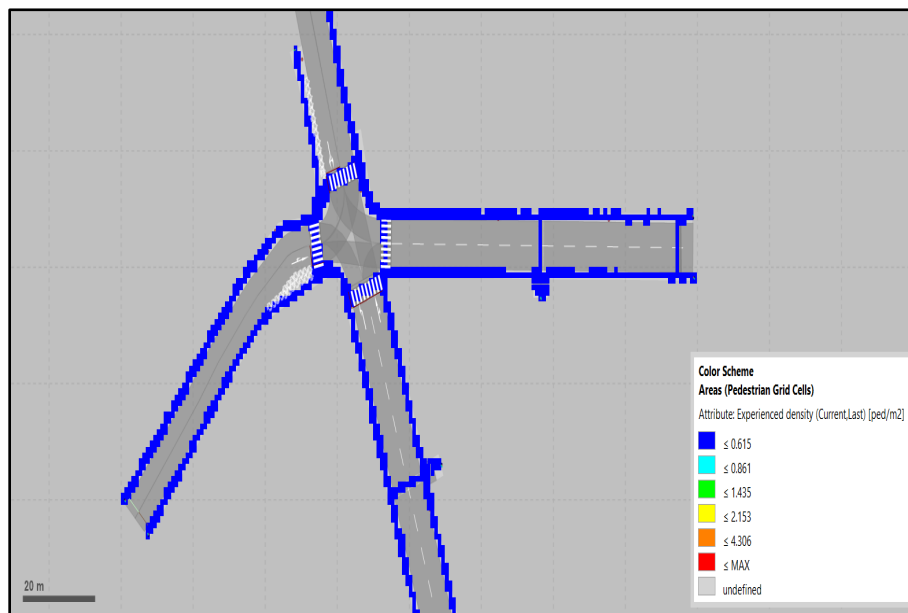


Figura 13. Densidad peatonal (persona/m²)- escenario proyecto

DISCUSIÓN

En el contexto del Perú, el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC, 2022) despliega una función crucial al categorizar la red vial a nivel nacional, departamental y rural. Dentro del marco específico del plan vial de la provincia de Jaén, se lleva a cabo una segmentación y definición detallada de calles y avenidas en el plano del sistema vial en la ciudad de Jaén (MPJ & PROVÍAS RURAL, 2015). Este estudio, que abarcó tres días cotidianos de dos semanas, reveló que el viernes exhibe el máximo flujo vehicular, alcanzando un total de 3760 vehículos (normalizados como autos patrón). Las horas pico del día con mayor volumen vehicular (viernes) se registraron entre las 06:00 - 07:00, 11:00 – 12:00 y 17:00 – 18:00, siendo la franja de 6:00 – 7:00 la más crítica, con 1036 vehículos convergiendo en el acceso más crítico (Norte – Francisco Orellana).

La evaluación de la situación actual de la intersección analizada identifica varias deficiencias significativas. La geometría irregular de la intersección engendra complicaciones en los giros, dando lugar a congestiones y bloqueos entre los conductores. La visibilidad deficiente de las señaléticas horizontales, especialmente las líneas peatonales, contribuye a la inseguridad de los peatones al cruzar la avenida y/o calle. La carencia de señalización semafórica, junto con la falta de conciencia sobre las reglas de tránsito por parte de conductores y peatones, acentúa los desafíos en la gestión del tráfico. La invasión del espacio peatonal por parte de las tiendas comerciales agrava la situación, ocupando parcial o totalmente las veredas (MERINO, 2013).

El software PTV VISSIM, al recrear digitalmente los patrones de tráfico de todos los usuarios de la carretera (VISSIM PTV, 2022), ha permitido la ejecución de simulaciones detalladas en el escenario actual de la intersección entre las calles Francisco Orellana y Luna Pizarro. Estas simulaciones han proporcionado una visión integral de los desafíos existentes, incluyendo problemas como la formación de colas debido al giro de la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste, desplazamientos inapropiados de los peatones, ocupación indebida de espacio por parte de comerciantes en las veredas, y la presencia de vehículos estacionados en la vía, obstruyendo el flujo normal del tráfico. De acuerdo con la investigación de Tarrillo, Paredes y Villegas (2020), la prioridad del usuario de moto taxi se centra en el cumplimiento de las normas del conductor y la comodidad del viaje. Esto se refleja en la hora punta crítica de la mañana, donde las motos taxis representan el 68.57 % de los vehículos, seguidos por las motos lineales con un 28.41 %. Azabache y Ventura (2019) señalan que, en la hora punta crítica de la tarde, los mototaxis y las motos lineales constituyen el 54.08 % y el 37.71 %, respectivamente. Este análisis indica claramente que el uso particular de estos vehículos contribuye significativamente a los desafíos de la intersección.

Respecto al nivel de servicio en los nodos, se observó que alcanzó un resultado de nivel de servicio "C", y según Reynoso Bartolo (2021), el nodo estudiado inicialmente presentaba un nivel de servicio "D", pero con la implementación de la rotonda, mejoró notablemente alcanzando un nivel de servicio "A" en la infraestructura de los giros. Sin embargo, la velocidad de viaje promedió de los vehículos en los accesos de la intersección, registrada en 15 km/h, es considerada baja e inadecuada, generando congestiones. Este dato se compara con la investigación de Azabache y Ventura (2019), que indica velocidades de aproximación media espacial de 13.63 km/h en el acceso Norte – Sur y de 12.49 km/h en el Este – Oeste.

La solución óptima propuesta para abordar los desafíos identificados en la intersección de las calles Francisco Orellana y Luna Pizarro se materializó a través de un escenario de proyecto. Este escenario incorporó cambios significativos, tales como la eliminación del giro desde la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste para vehículos pesados. Además, se implementó una canalización efectiva de los movimientos peatonales mediante demarcaciones viales en el pavimento, y se introdujeron semáforos para gestionar de manera eficiente la interacción entre los diferentes usuarios de la vía. Los resultados de la simulación en este escenario de proyecto revelan mejoras sustanciales, con un nivel de servicio en los nodos alcanzando una clasificación "B". Este avance guarda similitud con el estudio de Reynoso Bartolo (2021), donde la implementación de un diseño de rotonda a desnivel transformó la carretera Panamericana Norte de un nivel de servicio "C" a uno de "A". La optimización de la velocidad en el acceso a Francisco Orellana sur, alcanzando los 25 km/h y disminuyendo progresivamente a 10 km/h, sugiere una reducción significativa en el tiempo de viaje a lo largo de esta calle.

CONCLUSIONES

La situación actual de la intersección Francisco Orellana cuadra N° 01 con la calle Luna Pizarro cuadra N° 02 y 03 el nivel de servicio actual es "C", la velocidad de viaje de los vehículos en los accesos de la intersección es en promedio de 15 km/h, siendo esta muy baja e inadecuada generando congestión en los vehículos que circulan dentro de la intersección. El tiempo de viaje es de 61.35 segundos y el flujo peatonal es desordenado y tienen una densidad menor igual a 0.077 peatones /m² y una densidad menor igual a 0.108 peatones /m² con cual se obtuvo un tráfico peatonal medio denso.

La propuesta de solución planteada se simuló en un escenario llamado "escenario proyecto", en este escenario se agregó los cambios como eliminar el giro de la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste para vehículos pesados, se canalizó los movimientos de los peatones mediante demarcación vial en el pavimento, semáforos y se incluyó en las veredas las denominadas jardineras.

Finalmente, como resultados se obtuvo un nivel de servicio “B”, una mejora de velocidades en el acceso a Francisco Orellana sur se obtiene una velocidad de 25 km /h luego de 20 km/h hasta llegar a una velocidad de 10 km/h. El tiempo de viaje aumenta a 70.35 segundos, debido a la inclusión de semáforos y la canalización y reordenamiento peatonal.

Al comparar los resultados obtenidos con el software PTV Vissim del escenario actual y escenario proyecto que contiene las propuestas de mejora se reordenó el tránsito, canalizando los movimientos peatonales y eliminado el giro de la calle Francisco Orellana sur hacia la calle Luna Pizarro oeste para vehículos pesados; se concluye que hay una mejora en el nivel de servicio, velocidades y seguridad en el desplazamiento peatonal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, P. K. (2020). *Microsimulación de los Desplazamientos Peatonales y Vehiculares Utilizando los Softwares Vissim 9.0 y Viswalk 9.0 en la Plazuela Bolognesi de la Ciudad de Cajamarca*. Cajamarca.
- Azabache, C. F., & Ventura, S. L. (2019). *Tránsito en la intersección de la Av. Pakamuros con Ca. Dos de mayo y los Sauces utilizando Synchro 8.0. Jaén - Perú*.
- Comunicaciones, M. d. (2021). Reglamento nacional de tránsito. Lima.
- INEI. (7 de noviembre de 2018). Instituto nacional de estadística e informática. Obtenido de <https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-194-2018-inei.pdf>
- Merino, A. M. (2013). Plan de desarrollo urbano 2013-2025. Jaén: MPJ.
- MPJ, & PROVÍAS RURAL. (2015). Plan vial provincial de Jaén. Jaén: MPJ.
- Reynoso Bartolo, M. F. (2021). *Análisis de microsimulación y mejora del nivel de servicio de la carretera panamericana norte, intersección carretera canta-callao*. Lima.
- SINAC. (2022). Sistema Nacional de Carreteras. Lima: Perú.
- Tarrillo, J. J., Paredes, J. T., & Villegas, C. A. (25 de mayo de 2020). *Expectativas del usuario de servicios de mototaxi para la promoción del turismo receptivo en la ciudad de Tarapoto*. Universidad Peruana Unión, pág. 9.
- VISSIM PTV. (11 de noviembre de 2022). PTV GROUP. Obtenido de <https://www.myptv.com/en/mobility-software/ptv-vissim>