

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Propuesta de diseño con Synchro para mejorar la congestión vehicular en la intersección puente Huallaga y malecón Walker Soberón, Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Blas Villadeza, Yuly

ASESOR: Lira Camargo, Luis Gerónimo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Transporte

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería del transporte

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71513220

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41198244

Grado/Título: Maestro en educación con mención en investigación y docencia superior

Código ORCID: 0000-0003-2344-6956

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Narro Jara, Luis Fernando	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797
3	Tuanama Lavi, Jose Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día viernes 05 de diciembre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA	PRESIDENTE
❖ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO	SECRETARIO
❖ MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2684-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "PROPUESTA DE DISEÑO EN LA INTERSECCIÓN PUENTE HUALLAGA Y MALECÓN WALKER SOBERÓN PARA LA MEJORA DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL DISTRITO DE PILLCO MARCA, HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach Yuly BLAS VILLADEZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimitad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 2:15 horas del día 05 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DNI: 18206328
ORCID: 0000-0003-4008-7633
PRESIDENTE


MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO
DNI: 22498065
ORCID: 0000-0002-4641-3797
SECRETARIO (A)


MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI: 05810064
ORCID: 0000-0002-5148-6384
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: BLAS VILLADEZA YULY, de la investigación titulada "PROPUESTA DE DISEÑO CON SYNCHRO PARA MEJORAR LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN PUENTE HUALLAGA Y MALECÓN WALKER SOBERÓN, HUÁNUCO 2024", con asesor(a) LUIS GERONIMO LIRA CAMARGO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1753-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 05 de septiembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

38. BLAS VILLADEZA, YULY.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	20%	1%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	es.slideshare.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo a Dios y a mis padres Haydee R. Villadeza Silva y a Wualter Widolfo Blas Evangelista, por haberme apoyado incondicionalmente a lo largo de toda mi carrera, de la misma manera lo dedico a mi persona, por haber dado un paso más para poder lograr mis metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cada día de vida, a mis padres Haydee R. Villadeza Silva y a Wualter Widolfo Blas Evangelista, por haberme acompañado desde muy pequeña en la realización de mis metas y sueños, de la misma manera agradezco a mis docentes de la Universidad de Huánuco por haberme compartido todos sus conocimientos adquiridos y no ser mezquinos, también agradezco a mi persona por no haberme rendido en mi formación profesional a pesar de las adversidades.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	18
1.3 OBJETIVO GENERAL	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	22
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	23
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2 BASES TEÓRICAS.....	29

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES DE TÉRMINOS BÁSICOS	44
2.4 HIPÓTESIS	46
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	46
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA	46
2.5 VARIABLES	46
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	46
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	46
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	47
CAPÍTULO III	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1 ENFOQUE	49
3.1.2 ALCANCE O NIVEL	49
3.1.3 DISEÑO	50
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.2.1 POBLACIÓN.....	50
3.2.2 MUESTRA	51
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	51
CAPÍTULO IV.....	54
RESULTADOS.....	54
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	54
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	101
CAPÍTULO V.....	116
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	116
5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS	116
CONCLUSIONES	118

RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
ANEXOS.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de diseño geométrico en las rotondas	31
Tabla 2 Operacionalización de variables	47
Tabla 3 Cronograma del estudio de tráfico en la intersección de estudio	56
Tabla 4 Índice Medio Diario Proyectado a partir del tránsito actual	57
Tabla 5 Resumen semanal del conteo de tráfico de acuerdo al tipo de vehículo y días de la semana	59
Tabla 6 Resumen vehicular diario.....	60
Tabla 7 Promedio vehicular de la semana de conteo, Índice Medio Diario Semanal.....	62
Tabla 8 IMDA de la intersección	63
Tabla 9 Porcentaje de tipos de vehículos que circulan por la intersección ...	64
Tabla 10 Crecimiento del PBI, proyectado en los departamentos del Perú hasta el año 2023	66
Tabla 11 Crecimiento de la población del año 1993 al 2007 con crecimiento internacional.....	67
Tabla 12 Tasas de crecimiento de acuerdo a la clasificación vehicular ligeros	68
Tabla 13 Trafico actual considerando los factores de corrección	69
Tabla 14 Trafico considerando el tránsito desviado	71
Tabla 15 Resumen de los diferentes tráficos que se darán en la vía y cálculos de proyección.....	74
Tabla 16 Tasa de crecimiento del tráfico por clasificación de vehículos	76
Tabla 17 Resumen del tránsito futuro en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón.....	78
Tabla 18 Aforo actual, 297 vehículos.....	80
Tabla 19 Resumen de tránsito a tiempo futuro, 991 vehículos	82
Tabla 20 Tabla de clasificación de la vía de acuerdo a la demanda.....	84
Tabla 21 Clasificación de acuerdo a las condiciones del terreno.....	84
Tabla 22 Datos básicos de los vehículos tipo M, empleados en el dimensionamiento de carreteras.....	85
Tabla 23 Velocidad de diseño.....	86
Tabla 24 Giros mínimos de acuerdo al tipo de vehículo	88

Tabla 25 Cuadro de resumen de las características de la vía	89
Tabla 26 Configuración del nodo	95
Tabla 27 Para este modelamiento se empleó la misma configuración, solo tenido en cuenta el nuevo aforo.....	96
Tabla 28 Configuración en el nodo de la intersección a futuro, si no llevara señalizaciones	99
Tabla 29 Criterios de diseño para una rotonda.....	101
Tabla 30 Configuración del nodo dándole la geometría de la rotonda.....	102
Tabla 31 Configuración del nodo con la geometría de la rotonda.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo animado de una rotonda.....	30
Figura 2 Estado actual de la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker.....	55
Figura 3 Ubicación de la estación E-1 para el respectivo aforo del tráfico existente.....	56
Figura 4 Clasificación vehicular promedio.....	60
Figura 5 Nivel de servicio de acuerdo a la velocidad y volumen de servicio.....	87
Figura 6 Estado actual de la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón.....	90
Figura 7 Medidas del tramo de estudio del Puente Huallaga.....	90
Figura 8 Medida del tramo de estudio del Malecón Walker Soberón.....	91
Figura 9 Importación de imagen desde Google Maps, de acuerdo a las coordenadas.....	91
Figura 10 Creación de la superficie de rodadura con el comando Add Link.....	92
Figura 11 Configuración de cada carril en la intersección.....	92
Figura 12 Configuración del carril de Norte a Sur.....	93
Figura 13 Aforo vehicular actual de la intersección de estudio.....	93
Figura 14 Configuración de la intersección en sentidos de Norte a Sur (Malecón Walker Soberón) y de Este a Oeste (Puente Huallaga).....	94
Figura 15 Configuración del volumen en la intersección.....	94
Figura 16 Configurar el nodo en general con el comando.....	95
Figura 17 Simulación de la intersección de estudio, con el aforo de 297 vehículos, situación actual.....	96
Figura 18 Configuración de acuerdo al estado de la vía, sin señalizaciones.....	97
Figura 19 Simulación de la intersección de estudio, con el aforo de 385 vehículos, aforo con corrección estacional.....	97
Figura 20 Configuración vehicular planteada para después de terminado el proyecto actual en la intersección.....	98
Figura 21 Configuración vehicular planteada para después de la ejecución del proyecto actual, considerando el tránsito a futuro 991 vehículos.....	98
Figura 22 Configuración de acuerdo a las señalizaciones de la intersección a	

futuro.....	99
Figura 23 Simulación de la intersección de estudio a futuro, aforo de 991 vehículos.....	100
Figura 24 Esquema y partes de una glorieta o rotonda.....	101
Figura 25 Propuesta de rotonda teniendo en cuenta el tránsito actual.....	102
Figura 26 Confirmación de las señalizaciones en la rotonda.....	103
Figura 27 Simulación de la rotonda con el aforo actual de vehículos.....	103
Figura 28 Propuesta de rotonda teniendo en cuenta el tránsito futuro.....	104
Figura 29 Configuración de las señalizaciones en la rotonda.....	105
Figura 30 Simulación de la rotonda con el aforo a futuro de 991 vehículos	105
Figura 31 Aplicación de las fases semafóricas en el estado actual en Sincro V8.....	109
Figura 32 Configuración que se realizó en el nodo y en las fases semafóricas a partir de los cálculos realizados.....	110
Figura 33 Simulación de la propuesta de semaforización a partir del tránsito actual de 297 vehículos.....	111
Figura 34 Aplicación de las fases semafóricas para el tránsito a futuro Sincro V8.....	112
Figura 35 Configuración que se realizó en el nodo y en las fases semafóricas a partir de los cálculos realizados.....	113
Figura 36 Clasificación del nivel de servicio, según Sincro V8.....	114
Figura 37 Simulación de la propuesta de semaforización a partir del tránsito actual de 991 vehículos.....	115

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo general elaborar una propuesta de diseño que incluye una rotonda y la incorporación de un ciclo semafórico en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón para la mejora de la congestión vehicular, esta propuesta de solución se realizó en el software Synchro v8, a la vez se empleó la normativa vigente Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, también se empleó el Manual de capacidad de Carreteras HCM 2010. La presente tesis es de tipo aplicada con un enfoque cualitativo y diseño correlacional, la población es el aforo vehicular que se suscitan en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, la muestra con la que se trabajo fue la probabilística, ya que, se consideró el aforo que sea realizo durante una semana, la técnica de recolección de datos que se empleo fue la observación directa, análisis, apuntes, conteos.

Como resultado del modelamiento en el software Synchro v8, nos arroja que el diseño de una rotonda en la intersección Puente Huallaga con Malecón Walker Soberón si mejora notablemente la congestión vehicular, de la misma manera la implementación de semáforos con su respectivo ciclo semafórico, mejora notablemente la congestión vehicular en la intersección anteriormente mencionada.

Finalmente, se concluye que los resultados del modelamiento en el software Synchro v8, son positivos y que son viables en el tiempo, ya que también se realizó el análisis en tiempo actual y con proyección a futuro, donde sigue conservando una mejora en la congestión vehicular de la intersección de estudio.

Palabras clave: Diseño, intersección, congestión, modelamiento, semafórico.

ABSTRACT

The general objective of this thesis was to develop a design proposal that includes a roundabout and the incorporation of a traffic light cycle at the Puente Huallaga and Malecon Walker Soberon intersection to improve vehicular congestion. This solution proposal was made in the software Synchro v8, at the same time the current regulations were used Highway Manual: Geometric Design DG - 2018, the Highway Capacity Manual HCM 2010 was also used. This thesis is of an applied type with a qualitative approach and correlational design, the population is the vehicle capacity that occurs at the intersection of Puente Huallaga and Malecon Walker Soberon, the sample with which we worked was probabilistic, since the capacity that was carried out during a week was considered, the data collection technique that What was used was direct observation, analysis, notes, counts.

As a result of the modeling in the Synchro v8 software, it shows us that the design of a roundabout at the Puente Huallaga intersection with Malecon Walker Soberon does significantly improve vehicular congestion, in the same way the implementation of traffic lights with their respective traffic light cycle, improves significantly. traffic congestion at the aforementioned intersection.

Finally, it is concluded that the results of the modeling in the Synchro v8 software are positive and are viable over time, since the analysis was also carried out in current time and with a future projection, where an improvement in vehicle congestion continues. of the study intersection.

Keywords: Design, intersection, congestion, modeling, traffic lights.

INTRODUCCIÓN

El diseño de una intersección engloba un periodo de vida, muchas veces este periodo no se respeta y la vía sigue funcionando perpetuamente aun con fallas, es por ellos que nace esta tesis, ya que se observa que la intersección Puente Huallaga con el Malecón Walker Soberón presenta congestionamiento vehicular, este problema se origina ya hace algunos años atrás, debido a que el crecimiento vehicular avanza raudamente y el diseño de intersección no sufre ningún cambio, muy aparte de ello que los proyectos que se realizaron son muy cerrados y no dan posibilidad a ampliación, además que la ciudad de Huánuco es pequeña y a penas funcionan dos carriles en nuestras calles, el objetivo principal de estudio fue realizar una propuesta que comprende un diseño geométrico de rotonda y semaforización, esto con la finalidad de proponer una mejora al problema de congestionamiento vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, tener las vías en optimo funcionamiento y en buenas condiciones mejora el desarrollo del país, ya que favorece el movimiento económico, intercambio de cultura e intercambios sociales entre todos los departamentos a nivel nacional.

Para realizar este tipo de tesis se debe tener en cuenta que es muy rentable debido a que el modelamiento en los softwares facilita mucho el trabajo en campo, aparte que minimiza errores y costos de estudios.

Para el logro del objetivo planteado se ha realizado un esquema de investigación, el cual es impartido de acuerdo al Reglamento de la Universidad de Huánuco y engloba lo siguiente:

Capítulo I: En este capítulo se encuentra la estructura inicial del proyecto donde se plantea el problema, los objetivos, justificación de la investigación, limitaciones y la viabilidad de la investigación, este capítulo nos hace entender que es lo que se desea investigar.

Capitulo II: En este capítulo se encuentra la estructura que se tiene relacionada a nuestra investigación que existe con anterioridad, a la vez se complementa con diferentes fuentes, tanto internacionales como locales, a la vez se plantea las hipótesis, las definiciones conceptuales, variables y su respectiva operacionalización.

Capitulo III: En Este capítulo se establece la metodología a emplear,

nivel, diseño, población y muestra con la que se trabajara en la investigación, también define los instrumentos que se emplearan para la recopilación de información y el respectivo análisis de los datos obtenidos.

Capitulo IV: En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el proyecto partiendo desde las hipótesis.

Capitulo V: En este capítulo se presenta la discusión de resultados a partir de los resultados obtenidos y de los resultados que se obtienen en los antecedentes que se mencionan en el capítulo II, además de añadir las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La congestión vehicular es un problema a nivel mundial, ya que está muy estrechamente relacionado con el desarrollo económico y aumento de vehículos. En el 2022 la congestión vehicular se incrementó debido al regreso de la presencialidad para múltiples actividades, según Reyna (2023) en Latinoamérica se encuentran varias ciudades catalogadas con mayor congestión vehicular en el mundo, como Bogotá en Colombia, Monterrey en México y Lima en Perú, como resultado de este problema genera un mayor gasto en combustible anual de hasta S/ 582 soles.

Año tras año la población en las ciudades crece y con ellos la necesidad de transporte, ya sea a nivel público o privado, además que la economía estable garantiza la adquisición de vehículos automotores raudamente, según la Superintendencia Nacimiento de los Registros Públicos (Sunarp, 2020), en el año 2020 se registraron un mayor número de transferencias de vehículos en el Registro de Propiedad Vehicular del Perú, sumando un total de 701,681 lo que equivale a un 6.49% más que las 658,944 registradas durante el 2019, a la vez Huánuco registró una inscripción total de 9,956 vehículos.

Con el crecimiento de la necesidad de transporte los parámetros que se tuvieron en cuenta para el diseño de vías urbanas van quedando desfasadas y dañándose, ya que no cumplen con los tipos de vehículos que van circulando por estas vías, por tanto, surge la necesidad de reducir estas fallas y mejorar nuestra realidad y condiciones de vida.

El transporte público y de cargas en la ciudad de Huánuco suma mucha informalidad a nuestras vías, consideremos que no existen paraderos formales ni horarios de descarga, además que nuestras intersecciones son de dimensiones pequeñas, lo cual durante horarios de volumen máximo colaboran a demoras en el flujo vehicular, aumentando los tiempos de viaje, de espera y alimentan el caos vehicular.

Loarte (2022), explica que Huánuco atraviesa un desborde del transporte público y privado, se tiene un plan estratégico, pero este trabajo debe llevarse

a cabo en los puntos críticos de la ciudad, otro problema que señala es que las calles de nuestra ciudad son muy angostas y en un solo sentido, carecemos de señalización y semáforos.

La congestión vehicular es un problema de hace mucho en la ciudad de Huánuco, recientemente se ha iniciado un proyecto de mejoramiento y apertura de una nueva vía de transporte desde el Puente Huallaga hasta el puente Huancachupa, pero se ha detectado que dicho acceso no cuenta con señalización ni semáforo, por tanto se necesita una propuesta de diseño que se pueda ajustar a esta nueva intersección, esta propuesta albergaría una mini rotonda juntamente con semáforos, las rotondas surgen como una alternativa de solución ante múltiples accidentes que se pueden ocasionar en dicho tramo, además que se caracteriza por conservar un orden adecuado y mantienen una circulación adecuada.

Según Balcázar y Arturo (2015), en el Perú existen muchas intersecciones mal diseñadas a pesar de múltiples replanteamientos, estos errores también generan desorden y demoras en horas punta, pero es necesario que nuestras normas manejen una investigación y actualización de parámetros acerca de este tema debido a que en la actualidad es muy poca la base de normas en cuanto a rotonda. Por ello en el acceso entre el Puente Huallaga con dirección al Malecón Walker Soberón, se maneja una intersección en + (cruz) que presenta problemas en cuanto a ordenamiento y congestionamiento vehicular, con mayor razón, ya que a pocos metros se ubica la Universidad Nacional Hermilio Valdizán y el acceso para el óvalo de Pillco Marca, esta intersección es muy concurrida no solo por transporte público o privado sino también por vehículos de carga, ya que se conecta con la carretera central, entonces es muy importante manejar un orden y optimizar el nivel de servicio de la vía.

En el distrito de Pillco Marca, que forma parte de la provincia de Huánuco, la congestión vehicular ha pasado a ser un gran problema cotidiano que atañe a los ciudadanos, llegando incluso a ocasionar que en las diversas zonas urbanas que se encuentran situadas a lo largo del puente Huallaga, la cual atraviese la ciudad y los barrios que conectan, el número total de vehículos circundantes aumenta a lo largo de todo el día. De forma concreta, en el cruce vial que conecta con la intersección que ubica el Malecón Walker

Soberón, la saturación de vehículos es una de las que provoca situaciones críticas en la congestión vehicular, sobre todo en los momentos del día cuando más afluencia de automóviles hay, provocando a la vez que los carros, las personas que acostumbran a caminar y que hacen uso del servicio público de transporte, se vean muy postergadas a causa del embotellamiento de la congestión vehicular que afluye, que se ve que es muy molesta siendo motivo además de origen directo de contaminación y accidentes de tráfico. También se observa el efecto de la congestión vehicular en este punto estratégico de la ciudad dado por la falta de un diseño adecuado y de una semaforización eficiente.

En esta intersección, el problema de la congestión real es mayor debido a la presencia de los comercios, las instituciones públicas, las paradas de transporte público informal que se establecen por el lugar, lo que provoca que el tránsito se desordene. También se observan maniobras imprudentes o peligrosas, invasión de carriles, prolongados tiempos de espera, entre otros aspectos, que contribuyen a disminuir la fluidez del tránsito en general entre los ejes viales. La intersección Puente Huallaga – Malecón Walker Soberón no cuenta con un sistema de control del tráfico de tipo inteligente con respecto a la señalización, así como tampoco existen señales que logren contribuir al favor del tránsito vehicular, y de distribuir el flujo vehicular en su recorrido, lo que corrobora la intervención necesaria mediante un rediseño vial con soporte técnico la cual consiga mitigar los efectos de la congestión vehicular en el entorno local.

El software Synrho es una herramienta muy eficiente debido a que podemos simular dentro de su plataforma de acuerdo a nuestra realidad, además que no se limita y podemos representar todos los problemas que ocurren dentro de la intersección de estudio, lo cual ayudará a no caer en diseños inadecuados y muy por el contrario podremos corregir los pequeños errores que se puedan dar o estar ocurriendo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

PG: ¿De qué manera la propuesta de diseño con el software Synchro mejora la congestión vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

PE1: ¿Cuánto volumen de congestión vehicular se genera en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, para la propuesta de diseño en el software Synchro, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024?

PE2: ¿Qué variables se deben tener en cuenta para la evaluación y propuesta de diseño en Synchro, en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón para la mejora del congestionamiento vehicular, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024?

PE3: ¿Cuáles serán los principales obstáculos que limitan el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro, para la mejora del congestionamiento vehicular en la intersección del Puente Huallagay Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024?

1.3 OBJETIVO GENERAL

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

OG: Presentar una propuesta de diseño en el software Synchro para la mejora de la congestión vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Evaluar el volumen de congestión vehicular en la intersección PuenteHuallaga y Malecón Walker Soberón, para la propuesta de diseño en el software Synchro, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

OE2: Determinar las variables necesarias para realizar la propuesta de diseño en el software Synchro, en la intersección Puente Huallaga y

Malecón Walker Soberón que permita mejorar el congestionamiento vehicular, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

OE3: Identificar los principales obstáculos que limitan el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro, para la mejora del congestionamiento vehicular en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica en los siguientes aspectos:

Justificación Social

En el cruce de la vía Puente Huallaga y el Malecón Walker Soberón se presenta un problema serio de congestión de las vías que provoca demoras, estrés y riesgos a la población usuaria de estas, tanto a conductores como a peatones. Todo ello tiene una repercusión directa en la calidad de vida de los habitantes del sector, y de forma muy evidente para quienes viven en las unidades vecinales aledañas, por lo que están expuestos a la contaminación ambiental y sonora, además de los riesgos de accidentes. A través de la ingeniería de tránsito y del manejo del software Synchro la presente investigación intenta proponer soluciones técnicas sustentadas en evidencia que permitan atender la movilidad urbana partiendo de criterios seguros, eficientes y saludables a la población del distrito de Pillco Marca.

Justificación Teórica

El trabajo se apoya en el enfoque de la ingeniería del transporte y el análisis de la capacidad vial, utilizando la modelización del flujo vehicular para poder evaluar adecuadamente las soluciones frente a las situaciones de congestión; evaluándose así la IMDA y los niveles de servicio en horas punta, lo cual permite comprender correctamente los patrones de circulación, así como los puntos de interrupción. Esto nos permitirá aplicar criterios técnicos y teóricos que soporten la propuesta de mejora para optimizar la circulación de tráfico en la intersección considerada.

Justificación Práctica

La investigación tiene un valor aplicado, ya que formula una respuesta al problema de congestión, diseñada en un modelo de tráfico simulado en el software Synchro, el cual permite modelar distintos escenarios, semaforización o rotonda, y para estudiar el impacto en tiempos de espera, colas, eficiencia del flujo vehicular. El estudio permitirá una toma de decisiones basada en la información que pueden ser aplicada por las instituciones competentes o autoridades en el corto o mediano plazo.

Justificación Metodológica

Desde la visión metodológica, se procede a hacer una recogida de datos para el tráfico (volúmenes, giros, tipología de vehículos) que deberán ser suficientemente extensos para alimentar el modelo de simulación a ejecutar en Synchro: se elaborarán cuadros comparativos en el Microsoft Excel correspondiente sobre los indicadores de congestionamiento dado el escenario de, con propuesta versus sin propuesta (así los IMDA, los tiempos de demora, las longitudes de cola), y con ello, poder validar cuantitativamente la efectividad del diseño que se plantea. Y de esta manera, garantizar un procedimiento sistemático, reproducible y sustentado técnicamente en el objetivo que se pretende: mejorar la movilidad urbana en la intersección crítica evaluada.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se presentarán en la presente investigación serán:

- a) Las condiciones para el modelamiento no son las reales, debido a que el tramo anterior del malecón Walker Soberón es una carretera de tierra afirmada en malas condiciones.
- b) La salida del puente Huallaga es muy cerrada, requiere mayor espacio para los giros.
- c) Los espacios de esa intersección son muy cerrados y el ancho de las vías también.
- d) No se considerará tránsito peatonal en el aforo.

- e) No se podrá aforar en un día crítico de la semana crítica, del mes crítico del año 2024.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de esta investigación surge como una necesidad urgente de resolución, ya que la congestión vehicular en horas punta genera colas muy amplias, la propuesta de solución que se plantee tendrá mucha aceptación, ya que mejorará notoriamente el nivel de servicio de la intersección.

Viabilidad Teórica

La investigación cuenta con antecedentes a nivel mundial, nacional y local, contamos con sitios webs, libros y normativa peruana como el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - 2018, de la misma manera se tiene manuales de países vecinos.

Viabilidad Económica

El desarrollo de la presente investigación cuenta con fondos económicos suficientes para su elaboración, estos fondos provienen de los recursos propios.

Viabilidad temporal

La investigación se enfoca en el problema que acontece en nuestra realidad, de la misma manera abordaremos el problema que es la propuesta de diseño para la intersección seleccionada y el modelamiento en el software Synchro, ya que se emplea el software la realización de la investigación, será mucho más rápida y eficiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El problema planteado fue estudiado anteriormente por profesionales, abarcando diferentes situaciones diferentes en todo el mundo pero que a la vez tienen relación entre sus estudios, por tanto, se mencionarán estos estudios en forma resumida.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Lozano (2019), en su investigación de pregrado titulada “Evaluación de rotondas y propuestas de diseño en caso de la autopista Azogues - Cuenca”, donde el objetivo principal de la investigación fue presentar una evaluación de los parámetros de flujo de tránsito en las rotondas de la vía rápida Azogues – Cuenca y un análisis comparativo de la zona de mayor densidad vehicular entre el tráfico actual y el tráfico inducido al final del período de diseño, por tanto se realizó el estudio del tránsito existente y el respectivo análisis de su geometría, elementos y normativa en Ecuador, cabe recalcar que esta zona de estudio cuenta con tres rotondas alrededor de todo el tramo estudiado, también se realizaron aforos vehiculares en horas punta para un análisis óptimo de puntos críticos y reducción de velocidad, además se considera que la vía de Azogues - Cuenca es una vía de alta capacidad interurbana, por tanto es muy importante manejar el control de accesos y garantizar seguridad a los usuarios, después de realizar el análisis pertinente como primera conclusión tenemos que en el aspecto geométrico, las tres rotondas cumplen con los parámetros establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Vialidad (NEVI), pero para una optimización se planteó en cambio de diámetro de la rotonda La Dolorosa de 40 m a 30 m, esto para la adecuada dimensión de los carriles y aumento para los ejes de giro, como segunda conclusión tenemos que en caso del drenaje se planteó un aumento de 2% de pendiente a 3.7% para una mayor eficiencia en cuanto a la evacuación de las aguas, como tercera y última conclusión tomamos el aspecto técnico donde la categoría actual de la vía

es de nivel C donde presenta un flujo estable, en cuanto a la proyección de tránsito esta aumenta con el pasar de los años lo cual restará la vida útil del proyecto.

Peña y Serpa (2023), en su investigación titulada “Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento del intercambiadores de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues”, realizado en Ecuador en la Universidad Católica de Cuenca, donde el objetivo principal fue realizar el anteproyecto de un intercambiador en el sector de Chacapamba de la ciudad de Azogues, por medio del análisis de la situación actual, para el diseño geométrico que garantice seguridad a los conductores de acuerdo a la Normativa Ecuatoriana, para la realización de esta propuesta de trazado geométrico con la finalidad de reducción en la congestión vehicular, se estudió la funcionalidad de la vía, nivel de servicio, seguridad y congestión, se realizaron los aforos durante 7 días a la vez se manejó un registro estimado de consumo de combustible para estudiar el desnivel y rotonda, se empleó el software Vissim 10, se realizaron dos propuestas ambas propuestas lleva una rotonda con dos carriles pero la opción 2 añade un paso deprimido para una optimización del flujo vehicular, después de un análisis las autoras tienen como conclusión se tiene que la alternativa 2 resuelve completamente los problemas con los giros inadecuados y congestionamiento, además que aumenta grandemente la capacidad de la vía y no resulta muy costosa, esto se ratifica en la modelación del software Vissim, donde se evaluó la funcionalidad de la propuesta.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Saavedra y Urrelo (2021), en su investigación titulada “Diseño geométrico de una rotonda en jirón vía de evitamiento cuadra 26, para mejorar la circulación de vehículos, Banda de Shilcayo 2021”, tesis de pregrado realizado en la Universidad César Vallejo, Tarapoto - Perú, el objetivo de esta investigación fue realizar un diseño de rotonda en el jirón vía de evitamiento cuadra N°26, Banda de Shilcayo-2021, para ello se realizaron aforos, levantamientos topográficos, estudio del área, se extrajeron muestras para el análisis en laboratorio sobre el tipo de suelo y respectivo diseño ya que el área de estudio tiene un terreno afirmado.

Después de los estudios realizados se tuvo como primera conclusión el terreno de influencia tiene 15.62 hectáreas, a la vez se realizó un replanteo en el software AutoCAD y facilitar el trabajo en el software Revit, como segunda conclusión se tiene que el estudio de mecánica de suelos donde el tipo de material hallado es arcilla inorgánica de baja compresibilidad de acuerdo a la clasificación AASHTO, lo cual es adecuado para el diseño del proyecto, como tercera conclusión se tiene que la velocidad máxima en la rotonda ha de ser de 40 km/h y los ángulos respectivos deben ser de 60° y 30° y un ancho de carril de 4.5 metros para un adecuado desplazamiento vehicular y la rotonda debe tener un diámetro de 64 metros, como cuarta conclusión se tiene que el costo total del proyecto asciende a S/ 2,578,436.91, este costo abarca la mano de obra, energía eléctrica, gasolina y materiales.

Castro y Mendoza (2021), en su investigación titulada “Evaluación y propuesta de un nuevo diseño de las rotondas de la variante internacional lado Perú del eje vial N°1 carretera Panamericana Piura - Guayaquil en la provincia de Zarumilla”, investigación para la obtención del título en Ingeniería Civil, realizado en la Universidad de Piura, Perú, el objetivo esta investigación fue proponer un nuevo diseño geométrico que garantice una mejor funcionamiento vial de rotondas en la variante internacional lado Perú del eje vial N°1 carretera Panamericana, Piura - Guayaquil ubicadas en el tramo Zarumilla - Huaquillas acorde con los parámetros de diseño de rotondas FHWA ROUNDABOUTS, para ello se estudió el tráfico vehicular, la geometría actual, posteriormente se empleó los criterios de la normativa FHWA ROUNDABOUTS y DG 2018, donde se basó en sus parámetros para realizar el rediseño de las rotondas actuales con una proyección de hasta 20 años, por tanto se realizaron dos alternativas de diseño, los autores concluyen que el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico 2018 no tiene los parámetros necesarios para un diseño de rotondas óptimo, por tanto, se apoyaron en normativas externas, como segunda conclusión tenemos que ambas propuestas funciona muy bien, además que con la proyección planteada, la propuesta seguirá siendo mayor que la demanda del tránsito, esto significa que el nivel de servicio es bueno, como tercera conclusión se tiene que la entrada de aproximación al Papayal, presenta

una mayor demanda de tránsito vehicular, lo que involucra que muchos vehículos de carga circulen debido a que es una zona agrícola, como cuarta conclusión se tiene que las rotondas rurales pueden tener múltiples dimensiones pero siempre debemos basarnos en que el diseño cumpla con los parámetros de seguridad, contabilidad y sostenibilidad.

Mogollón (2021), en su investigación de pregrado titulada “Propuesta de mejora del diseño geométrico de la rotonda ubicada en la intersección, Sullana - Piura - Tambogrande 2021”, investigación de pregrado realizada en la Universidad César Vallejo, Piura, el objetivo principal fue proponer mejoras del diseño geométrico de la rotonda ubicada en la intersección, Sullana - Piura - Tambogrande 2021, para ello se tomó el diseño en planta, perfil y secciones transversales, para el diseño se realizó un levantamiento topográfico, donde después del análisis pertinente, el autor tiene como primera conclusión que en el aspecto de la geometría, el peralte de la rotonda tiene un diseño erróneo, el radio de giro está en el rango de parámetros permisibles, como segunda conclusión tenemos que los ángulos de entrada y salida están con 17 lo cual está por debajo de los parámetros mínimos, además que no existen curvas de aproximación y es muy importante para la reducción de velocidad, como tercera conclusión se tienen que se realizó los cambios en los alineamientos de los ramales para que haya una mejor trayectoria a la entrada de la rotonda.

González y Holguín (2020), en su investigación titulada “Evaluación del comportamiento vehicular del estudio de factibilidad del proyecto: Construcción del Puente Santa Rosa, acceso, rotonda y paso a desnivel, región Callao, empleando la microsimulación de Vissim”, investigación de pregrado, realizado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima - Perú, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar a través de la microsimulación en Vissim si la alternativa de solución planteada en el estudio de factibilidad del proyecto, presenta los valores óptimos en el cálculo de las demoras por control, luego de realizar las investigaciones pertinentes, se tienen como primera conclusión que el software Vissim es muy amigable, ya que se puede evaluar las propuestas de solución más pegadas a la realidad, la distancia entre vehículos se redujo de 2 m a 1.5 m, como segunda conclusión se tiene que después de la ejecución de la

rotonda y el paso a desnivel se proyectan los flujos vehiculares al año 2032 con un servicio E, con una demora de 48.20 seg/veh, lo que confirma que en 10 años la vía estaría al límite de su capacidad, como tercera conclusión, se empleó la herramienta a Signal Heads para obtener un porcentaje de mejora del 30.0% al disminuir la media del modelo de 48.20 a 33.74 seg/veh obteniendo un nivel de servicio D, con circulación estable, como cuarta conclusión se obtuvo que la inclusión de la optimización del ciclo semafórico y dos carriles exclusivos para giro a la izquierda dando como resultado una reducción en la demora de circulación de 1.72%, de 33.74 seg/veh a 33.16 seg/veh, manteniendo un nivel de servicio D, como cuarta conclusión, se tienen que si se ajusta en ciclo semafórico de la salida T se restringe el acceso a la rotonda a los vehículos pesados, se obtienen un nivel de circulación C, donde el tiempo de mejora fue de 49.15%, descendiendo de 48.20 seg/veh a 24.51 seg/veh, por tanto la solución al congestionamiento vehicular son las medidas de control de tráfico y exclusividad de carriles.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Verde (2023) en su tesis titulada “Propuesta de solución al congestionamiento vehicular en el acceso del puente Daniel Alomía Robles de las cuadras 1,2 y 3 del jr. León de Huánuco, 2022”, presentado en la Universidad de Huánuco. El objetivo fue proponer la semaforización que reduzca la congestión vehicular en el acceso al puente Daniel Alomía Robles de las cuadras 1, 2 y 3 del Jirón León de Huánuco del distrito de Huánuco 2022. La metodología fue tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, el nivel fue correlacional, el diseño no experimental, la población estuvo compuesta por el tráfico vehicular del acceso del puente Daniel Alomía Robles de las cuadras 1, 2 y 3 del Jirón León de Huánuco, para lo cual se instituyó un punto de control de tráfico, y la muestra estuvo determinada por el tráfico vehicular-peatonal horario de máxima demanda, la técnica que se utilizó fue la descripción del aforo vehicular y la identificación de estaciones de aforo y el instrumento estuvo constituido por la plantilla de aforo vehicular y se concluyó lo siguiente: El estudio se centró en la distribución controlada del tráfico para las dos vías de doble carril que

conectan las dos intersecciones analizadas. A través de estas carreteras, se realizó una propuesta de sistema semafórico para las intersecciones objeto de análisis, y se creó una evaluación de los niveles de servicio para controlar el tiempo de período en las intersecciones consideradas. Se considera que este sistema semafórico puede dar solución a la dificultad del actual estudio.

Ordoñez (2023) en su tesis titulada “Propuesta de solución al congestionamiento vehicular en el cruce del jr. leoncio prado y jr. Ayacucho aplicando microsimulación en el software Vissim, Huánuco – 2023”, presentado en la Universidad de Huánuco. El objetivo fue proponer la semaforización que reduce la congestión vehicular en la intersección del Jr. Leoncio Prado y Jr. Ayacucho aplicando microsimulación en el software VISSIM para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal, Huánuco – 2023. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y diseño no experimental. Se modeló el flujo de tráfico, evaluando diversos escenarios para identificar soluciones efectivas. La técnica estuvo compuesta por puntos de control de líneas imaginarias (Observación directa), el instrumento estuvo compuesto por plantillas de aforo vehicular y se concluyó lo siguiente: La propuesta de semaforización planteada en la intersección del Jr. Leoncio Prado y Jr. Ayacucho consta de cuatro fases y un periodo total de 86 segundos: Primera fase para el Jr. Leoncio Prado, con un tiempo de luz verde de 50 segundo la segunda fase para el Jr. Ayacucho, con una luz verde de 30 segundo, la tercera fase es para el cruce peatonal del Jr. Leoncio Prado y la cuarta fase para el cruce peatonal del Jr. Ayacucho, con esta propuesta se reduce la longitud de cola en 28.69%, el tiempo de viaje se reduce en 4.61% y la velocidad de viaje aumenta en 22.42%.

Jara (2024), en su tesis titulada “Análisis de la congestión vehicular en la Avenida Universitaria Cayhuayna-Pillcomarca y simulación del funcionamiento de las vías alternas para optimizar el nivel de servicio- 2022”, presentado en la Universidad de Huánuco. El objetivo fue analizar la congestión vehicular en la Av. Universitaria Pillco Marca simulando el funcionamiento de las vías alternas. La metodología fue aplicada, con un enfoque cuantitativo, el diseño fue no experimental, la población fue todos

los vehículos que transitan por esa zona, es el congestionamiento generado por el tránsito vehicular y la muestra es la cantidad de vehículos que transitan durante el transcurso de una hora en la intersección de la Av. Universitaria con el Jr. Las Fresas, estas cantidades varían por días y horas, la técnica fue la observación directa, el instrumento fue las plantillas de aforo vehicular y se concluyó lo siguiente: Al analizar la situación de la avenida universitaria mediante un estudio de tráfico, se visualiza IMDA que es de 9614 veh/día y según diseño geométrico DG – 2018, se puede considerar Carreteras de Primera Clase la cual está fuera del parámetro de IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día. En tal sentido según Índice medio diario anual (IMDA) obtenido en el proceso de tabulación de datos de campo del estudio de tráfico que muestra un IMDA de 9614 veh/día superando la clasificación por demanda, en tal sentido se considera una vía crítica congestionada.

Cabello (2019), en su investigación titulada “Evaluación del tránsito vehicular de la intersección a nivel tipo T en el óvalo de Cayhuayna - 2018”, tesis realizada para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad de Huánuco, el objetivo general fue elaborar una propuesta del estado proyectado por giros usando software PTV VISSIM 7, para mejorar el nivel de servicio en la intersección a nivel tipo T del óvalo de Cayhuayna, se estudió la capacidad y nivel de servicio de la vía, se tomó aforos durante una semana en horas punta, se empleó el software Vissim 7 y el VHMD fue de 11,309 vehículos y niveles de servicio variable entre C, D, E y F, se planteó una solución que incluye un paso a desnivel además del óvalo ya existente, después del análisis pertinente se tuvo como conclusión que la solución que se planteó sí es viable, por tanto sería una buena alternativa, ya que si mejora el nivel de servicio de intersección tipo T del óvalo de Cayhuayna. Todo esto se logró a través de la creación de un desnivel y una vía deprimida, como segunda conclusión se tiene que de acuerdo a los aforos realizados, el horario de máxima demanda es de 07:00 am a 08:00 am, con un volumen de 11,309 vehículos, donde predominan los automóviles, como tercera conclusión se tiene que los resultados arrojan que el vehículo que predomina son los autos, bajaj y motos lineales y en los vehículos pesados figura el camión tipo C2 y B3 – 1; como cuarta

conclusión se tiene que la longitud de cola se da en el movimiento de acuerdo a los giros, giro N°1 (194.57m), giro N°2 (105.47m), giro N°3 (243.48), produjo que el nivel bajara de F a D y si siguen realizando más modificaciones se puede bajar hasta un nivel B.

2.2 BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas que se emplearán en este proyecto albergan diversas fuentes de información como libros, tesis, manuales, entre diversas fuentes de donde se extraen las guías y conocimientos anteriormente realizados para la realización de la presente investigación.

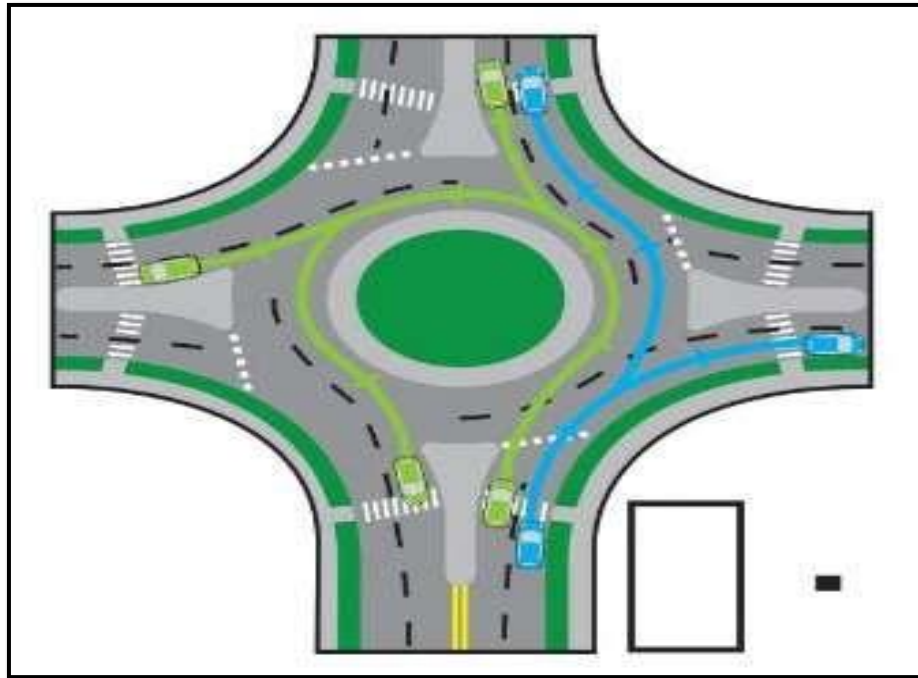
2.2.1 PROPUESTAS DE DISEÑO

Las propuestas de diseño que se plantean dependerán mucho de la funcionalidad y viabilidad que puede mostrar dicho proyecto en el modelamiento en el software Synchro, además que posteriormente se evaluará si eso mejora o no al tránsito vehicular en esa intersección, para ello, se propone lo siguiente:

ROTONDAS

Las rotondas son intersecciones vehiculares que tienen forma circular y no tienen señales de tránsito, su circulación se da en un sentido anti horario, en el caso de los carriles, está prohibido cambiar de carril dentro de la rotonda, si un vehículo se va incorporar a la rotonda, debe ceder obligatoriamente el paso a los vehículos que ya están circulando, también está prohibido detenerse o estacionarse dentro de una rotonda (Departamento de Seguridad Vial y Vehículos Motorizados de Florida [FLHSMV], 2022).

Figura 1
Ejemplo animado de una rotonda



Nota. Se aprecia que en la rotonda todos los giros se dan hacia la derecha (Departamento de Seguridad Vial y Vehículos Motorizados de Florida, 2022).

Las rotondas surgen como una solución práctica para el congestionamiento vehicular en intersecciones que generan acceso a varias direcciones, las dimensiones de las rotondas pueden variar, la forma de ella también, ya que hay turbo rotondas que se originaron en Holanda, donde se caracterizan por tener una forma circular desplazada, también hay otro tipo de rotonda donde se insertan atajos en la entrada o salida denominada rotonda con tapón (Goñi, 2018, p. 119).

Elementos de diseño en rotondas

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018), las rotondas se caracterizan por sus accesos a través de ramas y su circulación se da a través de un anillo vial que da alrededor de una isla, eso simula diferentes cruzamientos, es por ello que los puntos de conflicto aminoran en ese tipo de intersección, ofrece ventajas frente a los volúmenes de tránsito, además, que si las rotondas cuentan con semáforos alivianan mucho más las congestiones vehiculares. Para llevar a cabo el diseño de una rotonda se deben realizar estudios de

tráfico, capacidad y dimensionamiento de las secciones de entrecruzamiento esto debe ser compatible con la geometría de la solución, capacidad para el volumen de demanda y sección de entrecruce, este concepto se reemplaza en la siguiente fórmula de Wardrop:

Fórmula de Wardrop

$$Qp = \frac{\left[160W\left(\frac{1+e}{W}\right)\right]}{\left(1 + \frac{W}{L}\right)}$$

$$e = \frac{[e_1 + e_2]}{2}$$

Donde:

- Qp: Capacidad de la sección de entrecruzamiento como tránsito mixto, en vehículos / hora.
- W: Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.
- e: Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.
- $e_1 + e_2$: Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metros.
- L: Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

Tabla 1

Criterios de diseño geométrico en las rotondas

Descripción		Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central		m	25
Diámetro mínimo de círculo inscrito		m	50
Relación W/L (Sección entrecruzamiento)			entre 0.25 y 0.40
Ancho sección entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo de los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Angulo ideal de entrada			60°
Angulo ideal de salida			30°

Nota. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

Según Pinos (2019), las rotondas son de diferentes tipos, de acuerdo a sus intersecciones, tenemos:

- a. Intersecciones con diámetro inferior a cuatro metros con una velocidad de 50 km/h en los accesos.
- b. Intersecciones dobles, que están formadas por dos glorietas semejantes, conectadas por un tramo recto de vía.
- c. Intersecciones con diferente nivel, cuando hay un desnivel en la parte alta o baja.
- d. Intersecciones giratorias partidas, donde va ser atravesada en el islote central.
- e. Intersecciones semaforizadas, donde las intersecciones tienen un sistema de semaforización.

Mini - Rotondas

Este tipo de rotondas se emplean en zonas urbanizadas donde no hay mucho espacio disponible, generalmente sustituyen una intersección convencional, se caracterizan por que su diámetro inferior es menor a 4 m y el exterior no mayor de 20 m a 24 m, en la actualidad existen mini - rotondas con diámetros exteriores de 14 m, pero limitan mucho el cambio de sentido a vehículos largos, pero su capacidad es considerable, además que garantiza una circulación lenta y limitaciones para las maniobras en vehículos muy grandes cuando no se cuentan con calzadas muy amplias (Herce, 2005).

Las mini rotondas tienen una isla, se emplean en zonas urbanas con baja velocidad que puede ser menor a 50 km/h y cuando se carece de espacio para poder realizar el diseño de una rotonda tradicional además que facilita los cruces para los peatones. Las mini rotondas deben alinearse con los vehículos en la entrada para un adecuado recorrido por parte de los conductores al camino a seguir, evitando atropellos en la isla central (Cooperativa Nacional de Carreteras: Programa de Investigación [NCHRP], 2010).

Entorno de ingeniería del tráfico

La ingeniería del tráfico abarca la serie de factores físicos, regulaciones y tecnologías que inciden en el comportamiento del tráfico y en la seguridad en las vías, donde este campo de la ingeniería civil se centra en el estudio, diseño, funcionamiento y administración de los sistemas de transporte terrestre, en particular de las redes de carreteras, con la finalidad de asegurar un flujo de vehículos seguro, eficaz y estructurado (Garber y Hoel, 2015, p. 200).

El entorno de la ingeniería del tráfico se puede dividir en tres componentes fundamentales: el entorno físico, el entorno humano y el entorno normativo.

Entorno físico: Incorpora todos los componentes perceptibles e infraestructurales que constituyen la vía y su ambiente circundante, donde esto incluye las propiedades geométricas de las vías (longitud de las vías, curvas, inclinaciones, cruces), señales de nivel vertical y horizontal, iluminación, mobiliario urbano, entradas y obstáculos de seguridad, además, elementos ambientales como el clima, la visibilidad y la topografía del terreno constituyen el entorno físico (Papacostas y Prevedouros, 2001).

Entorno humano: Hace referencia a la conducta de los usuarios de la carretera, que pueden ser conductores, peatones, ciclistas o viajeros, donde este elemento es crucial, dado que la mayoría de los accidentes viales están vinculados a errores humanos, tales como manejar bajo la influencia del alcohol, el exceso de velocidad, la distracción o la falta de experiencia, además la ingeniería del tráfico analiza estos elementos para elaborar sistemas de tráfico que reduzcan la posibilidad de equivocaciones humanas (Papacostas y Prevedouros, 2001).

Entorno tecnológico: El ambiente tecnológico ha ganado una gran importancia en las décadas recientes, la implementación de sistemas inteligentes de transporte (ITS, por sus siglas en inglés), tales como sensores de tráfico, cámaras de vigilancia, paneles de mensajería variable, sistemas adaptativos de control de semáforos y aplicaciones de navegación móviles, ha facilitado la mejora de la administración del tráfico en tiempo real, mejorando la movilidad y disminuyendo los tiempos de desplazamiento, donde este ambiente también abarca los procedimientos

de simulación y modelado del tráfico empleados para anticipar situaciones futuras y tomar decisiones en la planificación de la ciudad (Papacostas y Prevedouros, 2001).

Por lo tanto, en las últimas décadas, el ámbito tecnológico ha ganado gran importancia con la introducción de sistemas inteligentes de transporte, que facilitan una mejor administración del tráfico en tiempo real. Estos sistemas abarcan sensores de tráfico, cámaras de seguridad, paneles de mensajería variable, sistemas de control adaptativo de semáforos y aplicaciones para navegación móvil (Khisty y Lall, 2003).

Entorno normativo y legal: Incorpora las leyes, reglamentos y regulaciones que rigen el tráfico y la seguridad en las carreteras, donde estas regulaciones establecen las restricciones de velocidad, la prioridad de paso, la utilización de cinturones de seguridad, las exigencias técnicas de los automóviles y los métodos de control y penalización, el diseño de las vías y sistemas de control debe acatar estas normativas, que resultan cruciales para preservar un ambiente de tráfico consistente y previsto para todos los usuarios (Papacostas y Prevedouros, 2001).

Semáforos

Son las señales eléctricas que llevan luces para de esta manera poder controlar el movimiento de los vehículos garantizando seguridad y fluidez a las múltiples intersecciones. Se sabe que las intersecciones que tienen semáforo y las que no lo tienen se comportan de una manera diferente, las intersecciones sin semáforo deben regirse bajo los términos de preferencia a la derecha o según lo que indica la señalización, en cambio cuando hay presencia de semáforo generalmente la intersección tiene mayor densidad de tráfico (Baños, 2022).

Los semáforos se encargan de regular el tránsito diario en las ciudades a través de colores, la luz roja prohíbe el paso de los vehículos la luz amarilla exige precaución, ya que no exige necesariamente el detenimiento del paso vehicular, solo alerta a los conductores de bajar la velocidad para su próxima detención, la luz verde permite el flujo de vehículos e impidiendo el tránsito de peatones (RACE, 2020).

Según Pinos (2019), las intersecciones que tienen un semáforo se

definen a través de una fase que es el tiempo donde el semáforo lleva el color verde, pero el semáforo también lleva otros dos colores, al alternarse las fases de la luz verde, roja y amarilla se define como ciclo semafórico.

Diseño de semaforización

La semaforización es una herramienta esencial en la gestión del tráfico urbano, permitiendo regular el flujo vehicular y peatonal para garantizar la seguridad y eficiencia en las intersecciones, lo cual un diseño adecuado de semáforos debe considerar diversos factores técnicos y operativos.

a. Tipos de semáforos

Existen diferentes tipos de semáforos según su función y control, esto de acuerdo a Flobu (2018):

- Semáforos de Tiempo Fijo: Operan con ciclos predefinidos sin adaptación al flujo de tráfico.
- Semáforos Actuados por el Tráfico: Ajustan sus ciclos en función de la demanda vehicular detectada.
- Semáforos con Control Centralizado: Integrados en un sistema central que permite la gestión remota y coordinada de múltiples intersecciones.

b. Componentes de un semáforo

Un semáforo típico, según Reyes (2024) existen cinco componentes las cuales son:

- Cabeza: Estructura que aloja los módulos luminosos.
- Carcasa: Contenedor que protege los componentes internos.
- Módulos Luminosos: Lentes o LEDs que emiten las señales de color.
- Soporte: Poste o estructura que sostiene el semáforo.
- Controlador: Dispositivo que gestiona los ciclos y fases del semáforo.

c. Fases y ciclos

Flobu (2018) menciona que la semaforización se organiza en fases, cada una correspondiente a un movimiento vehicular o peatonal, además un ciclo completo es la suma de todas las fases activas, donde la duración

de cada fase debe calcularse considerando:

- Flujo vehicular: Número de vehículos que pasan por la intersección por unidad de tiempo.
- Tiempo perdido: Tiempo que los vehículos pierden al detenerse en la intersección.
- Longitud de ciclo: Tiempo total de un ciclo completo de semáforo.

d. Cálculo de tiempos de semáforo

Para determinar los tiempos de cada fase, de acuerdo a Flobu (2018) se pueden utilizar fórmulas como:

Longitud de ciclo (LC):

$$LC = \frac{\text{Número total de vehículos}}{\text{Capacidad de la intersección}} \times \text{Tiempo de saturación}$$

Tiempo Verde (TV):

$$TV = \frac{\text{Flujo vehicular} \times \text{Tiempo de saturación}}{\text{Número de carriles}}$$

Estos cálculos permiten optimizar el flujo y reducir tiempos de espera.

e. Consideraciones para el diseño

Al diseñar un sistema de semaforización, según Reyes (2024) se deben tener en cuenta:

Características geométricas de la intersección:

- Volúmenes de tráfico vehicular y peatonal.
- Condiciones ambientales que puedan afectar la visibilidad.
- Normativas locales y estándares de seguridad vial.

f. Implementación y mantenimiento

Una vez diseñado, el sistema de semaforización debe ser instalado y sometido a pruebas de funcionamiento. Además, es crucial establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar su

operatividad a largo plazo (Flobu, 2018).

Cálculo de tráfico vehicular

Según el Instituto Nacional de Calidad (2015) la Intensidad Media Diaria (IMD) es un indicador que muestra el flujo total de vehículos en una vía durante un año, dividido en 365 días, donde se manifiesta en vehículos diarios (VPD) y resulta esencial para la organización del transporte y la elección de lugares.

Lo cual la fórmula es la siguiente:

$$IMD = \frac{\text{Volumen Total anual de Trafico}}{365}$$

Aplicaciones:

- a. Determinación de la carga vehicular en un segmento de la vía (Instituto Nacional de Calidad, 2015).
- b. Organización de la conservación y optimización de las vías (Instituto Nacional de Calidad, 2015).
- c. Valoración de los peligros medioambientales asociados a la polución por tráfico (Instituto Nacional de Calidad, 2015).

Factor K (K-Factor)

El Factor K es un indicador que muestra la proporción del promedio anual diario de tráfico que sucede en una hora determinada. Se emplea para planificar y examinar el tráfico en las autopistas y para incrementar la exactitud de las proyecciones de tráfico (MTC, 2018). Lo cual la fórmula es lo siguiente:

$$K = \frac{\text{Volumen horario máximo}}{IMD}$$

Aplicaciones:

- a) Elaboración de pavimentos y geometría del camino (MTC, 2018).
- b) Desarrollo de semáforos y rotulación (MTC, 2018).

- c) Valoración de la demanda de carriles extra (MTC, 2018).

Capacidad de la intersección

La capacidad de una intersección se refiere al número máximo de vehículos capaces de cruzar una intersección en una hora, en circunstancias ideales, donde los factores como el diseño geométrico, la gestión del tráfico y las condiciones del camino influyen en ella (MTC, 2018). Lo cual la fórmula es la siguiente:

$$C = \frac{W}{L} \times V \times 1.5$$

Donde:

C= Capacidad de la intersección (vehículos/hora)

W = Ancho del carril (metros)

L= Longitud del vehículo (metros)

V = Velocidad de paso (vehículos/hora)

Aplicaciones:

- a) Diseño de intersecciones y rotondas.
- b) Evaluación de la necesidad de ampliación de la capacidad.
- c) Análisis de la eficiencia del flujo de tráfico.

Densidad de tráfico

La densidad de tráfico representa la cantidad de automóviles que ocupan una longitud determinada de una vía en un instante específico, además se mide en vehículos por kilómetro (veh/km) y representa un indicador crucial del grado de congestión (MTC, 2018). Lo cual la fórmula es la siguiente:

$$k = \frac{N}{d}$$

Donde:

K = Densidad de tráfico (veh/km)

N = Número de vehículos

d = Distancia o longitud (km)

Aplicaciones:

- a) Evaluación del nivel de congestión en una vía.
- b) Planificación de medidas para mejorar el flujo de tráfico.
- c) Análisis de la capacidad de una carretera.

2.2.2 CONGESTIÓN VEHICULAR

El tránsito vehicular ha sido estudiado hace ya muchos años, en los años 80 los ingenieros de tránsito empezaron a investigar e implementar nuevos métodos para la supervisión de tránsito, ya que a media del crecimiento población hay partes que requieren expansión o implementación para un funcionamiento adecuado (Leal et al., 2010).

La congestión vehicular se suscita por la oferta y demanda, por un lado, aumenta los vehículos debido a la estabilidad económica y por otro lado nuestra infraestructura vial no es la adecuada, además está relacionada con el tiempo de circulación de los vehículos, es decir mientras mayor es el número de vehículos la velocidad de circulación se reduce (Bayona y Márquez, 2015).

Según Thomson y Bull (2001), la congestión vehicular se da por la introducción de nuevos vehículos que circulan más rápido que los demás, mientras aumenta el tránsito la circulación va ser menor, la congestión surge cuando la demanda crece a la misma capacidad que ofrece la infraestructura transitada por esta razón el tiempo de tránsito aumenta grandemente si lo comparamos a condiciones cuando la demanda es baja, esto sucede generalmente cuando la ciudad va creciendo, a continuación se presenta las características del transporte que provocan congestión:

- La demanda del transporte, ya que generalmente las personas que salen necesitan llegar urgentemente a un lugar determinado como el trabajo, compras, recreación, descanso, etc.
- La demanda es variable, ya que durante el día puedes tener múltiples razones para salir y para aminorar eso puedes realizar estas actividades durante el día y no en horas punta.

- Limitados espacios viales, la capacidad de vía a medida que van aumentando los vehículos necesitará crecer.

Características de la congestión vehicular

Según el MTC (2025) el atasco de vehículos en Lima y Callao es un fenómeno complicado que impacta la calidad de vida de los habitantes y conlleva importantes consecuencias económica, este problema se distingue por una serie de elementos que se entrelazan entre ellos.

- a. Crecimiento del parque automotor: En años recientes, la cantidad de vehículos personales ha crecido significativamente, lo que ha elevado la necesidad de espacio en las carreteras urbanas, donde esta expansión desmedida ha excedido la capacidad de la infraestructura vial existente, creando así problemas de congestión y extendiendo los periodos de desplazamiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2025).
- b. Infraestructura vial insuficiente: La ausencia de organización y ampliación de la infraestructura de carreteras ha favorecido la congestión, donde numerosas calles y avenidas no poseen la capacidad suficiente para aguantar el volumen de tráfico presente, lo que ocasiona frecuentes embotellamientos, en particular durante las horas de mayor afluencia (Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional, 2025).
- c. Uso ineficiente del transporte público: En Lima, el sistema de transporte público se topa con retos como la informalidad, la escasez de vehículos modernos y la falta de una red unificada, donde esto ha provocado que numerosos habitantes elijan el transporte privado, incrementando aún más el atasco en las vías principales de la ciudad (Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional, 2025).
- d. Comportamiento inadecuado de los conductores: Conductas como el uso indebido de los carriles, el aparcamiento en sitios prohibidos y el incumplimiento de las indicaciones de tránsito contribuyen de manera significativa a la obstrucción de las carreteras, donde estas medidas disminuyen la fluidez del tráfico

y elevan la probabilidad de sufrir accidentes (Cámara de Comercio de Lima, 2025).

- e. Impacto económico y social: El atasco de vehículos provoca considerables pérdidas económicas debido al tiempo desperdiciado en el tráfico y al incremento en el consumo de combustible, adicionalmente, contribuye a la contaminación atmosférica y al estrés de los conductores, impactando la salud pública y la eficiencia en el trabajo (Cámara de Comercio de Lima, 2025).
- f. Falta de fiscalización y control: La falta de una vigilancia eficaz por parte de las autoridades pertinentes ha facilitado la persistencia de prácticas informales y el incumplimiento de las regulaciones viales, donde esto complica la puesta en marcha de soluciones efectivas para reducir la congestión (Cámara de Comercio de Lima, 2025).

Los puntos de conflicto

Estos conflictos se originan por interacciones entre varias personas, es decir cuando dos o más personas pretendan usar la misma vía y de una manera simultánea, hay múltiples maneras que se crean conflictos, entre los más importantes tenemos:

- a. Conflictos concurrenciales: se caracterizan por darse en una misma porción de vía, que circula en la misma dirección, pero con diferentes velocidades y los vehículos deben adelantarse entre ellos
- b. Conflictos direccionales: Se producen en la misma intersección y por maniobras que realizan los vehículos.
- c. Conflictos funcionales: Se producen cuando un vehículo se detiene para dejar o cargar pasajeros.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2018), define los puntos de conflicto son donde han ocurrido de cuatro a más accidentes en los últimos dos años, estos puntos de conflictos se identifican de acuerdo al grado de accidentalidad y se analiza una serie de factores como velocidad, volumen, distancia, estado del pavimento, señalizaciones, entre otros factores.

Clasificación de los puntos de conflicto

Según Díaz et al. (2002), las intersecciones tienen diferentes tipos de conflictos de acuerdo a la geometría y velocidad en la intersección, de acuerdo a los datos que se obtienen previos estudios en una intersección y su regulación mediante semáforos, por tanto, se clasifican en:

- a) Primarios: Son los que se eliminan con la descomposición de fases, es decir cuando hay un cruce de trayectorias y estas se alteran mediante la alteración de semáforos
- b) Secundarios: Son intersecciones donde hay dos trayectorias a la vez, estas deben garantizar seguridad y fluidez del tráfico.
- c) Terciarios: Son intersecciones donde las trayectorias son distintas, pero no se cortan, las superficies se superponen, pero mantienen fases distintas.

Aforo vehicular

El aforo vehicular es un conteo de vehículos que pasan por un punto determinado y a partir de ese conteo se obtiene información sobre los volúmenes vehiculares de acuerdo a un periodo de tiempo, velocidad y tipo de vehículo. Estos aforos no son tan confiables y se necesita realizar otros trabajos como encuestas, asimismo, son muy importantes para realizar inventarios de emisiones y flota vehicular, tipos y cantidad de vehículos que transitan, los aforos deben realizarse en épocas de año y horarios específicos justo donde hay mucho desplazamiento o es urgente llegar a un punto, los días deben ser representativos de acuerdo a cada región y los parámetros a hallar varían desde VHMD, TA, TPD, TH y otros (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009).

El aforo vehicular es un procedimiento técnico esencial en la ingeniería del transporte, empleado para calcular el número de vehículos que circulan por un camino durante un tiempo determinado, donde esta información es crucial para la organización, diseño y administración de infraestructuras de transporte, además de para la puesta en marcha de políticas de transporte eficaces (MTC, 2022).

Por lo cual se tiene las siguientes relevancias:

Planificación y diseño de infraestructuras viales

El aforo de vehículos posibilita determinar la demanda real de las carreteras, lo que simplifica la planificación y diseño de nuevas infraestructuras o la optimización de las ya existentes, donde se dispone de información exacta acerca del flujo de vehículos es crucial para dimensionar correctamente las carreteras, cruces y sistemas de transporte público, asegurando su habilidad para aguantar el volumen de tráfico previsto (MTC, 2022).

Gestión del tránsito y control de congestión

El conocimiento adquirido del volumen de vehículos es esencial para poner en marcha estrategias de administración del tráfico, tales como la regulación de semáforos, la distribución de carriles únicos y la planificación de horarios para el mantenimiento, donde estas medidas contribuyen a minimizar la congestión de vehículos, optimizar la velocidad del tráfico y acortar los periodos de desplazamiento para los usuarios (MTC, 2022).

Evaluación de proyectos de infraestructura

Previo a la implementación de proyectos de infraestructura, el aforo vehicular ofrece información que facilita la valoración de la factibilidad y el posible efecto de la obra, donde se resalta que esta información es esencial para justificar la inversión en proyectos de infraestructura y para conseguir financiación a escala nacional e internacional (MTC, 2022).

Monitoreo y seguimiento del estado de las vías

El aforo vehicular también se emplea para supervisar la condición de las carreteras actuales, detectando zonas de gran demanda que podrían necesitar mantenimiento o ampliación (MTC, 2022).

Desarrollo de políticas de transporte sostenible

La información sobre el tráfico vehicular es crucial para el diseño de políticas de transporte sostenible, tales como fomentar el uso del transporte público, instaurar sistemas de transporte en masa y disminuir las emisiones de contaminantes, lo cual se emplea estos datos para elaborar políticas que promuevan la movilidad sostenible y minimicen el efecto ambiental del transporte (MTC, 2022).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a. **Rotondas.** Una rotonda, también conocida como glorieta, es una intersección vial circular diseñada para mejorar la circulación del tráfico y reducir la congestión y los accidentes (González, 2023).
- b. **Semaforización.** La semaforización es un componente esencial en la gestión del tránsito, cuyo objetivo es regular, controlar y orientar el flujo vehicular y peatonal en intersecciones viales (MTC, 2024).
- c. **Congestión.** La congestión vehicular se refiere a la saturación del flujo de vehículos en las vías urbanas, donde la demanda de espacio supera la capacidad de la infraestructura vial disponible (MTC, 2009).
- d. **Infraestructura vial.** Es el conjunto de elementos físicos que conforman las vías terrestres, incluyendo carreteras, caminos y vías urbanas, así como los componentes asociados que permiten su funcionamiento adecuado (MTC, 2009).
- e. **Aforo vehicular.** El aforo vehicular es el proceso mediante el cual se cuantifica el número de vehículos que transitan por un punto específico de una vía durante un periodo determinado (MTC, 2024).
- f. **Parámetros.** Los parámetros en las vías tienen múltiples definiciones, ya sea tantopara el control de calidad, rehabilitación, gestión de pavimentos, diseño y otros, en este caso los parámetros son las medidas que deben cumplir nuestro diseño, gestión o control para que pueda ser aprobado según las medidas que dicta el Ministerio de Transporte y Comunicaciones según susdiferentes manuales (Arias, 2012).
- g. **Tránsito vehicular.** Este término va de la mano con la congestión vehicular, definiéndolo como acción y efecto de congestionar, es decir obstruir la libre circulación o movimiento de un vehículo, esto se da porque hay muchos vehículos circulando a la vez, su avance es lento e irregular, hasta cierto punto los vehículos pueden avanzar libremente respetando los límites de velocidad y geometría de las intersecciones, pero si hay volúmenes mayores de vehículos circulando estos frenan el libre tránsito y estorban el desplazamiento (Thomson y Bull, 2001).
- h. **FHWA ROUNDABOUTS.** La FHWA, en español Oficina de Planeación de la Administración Federal de Carreteras, donde se encarga de promover

y dar seguimiento a las carreteras, se encarga de evaluar, estimar impactos, administrar la infraestructura, inspeccionar los proyectos geométricos, manejo de recursos, administración de recursos y control de vehículos, también dicta parámetros y recomendación para la ejecución de proyectos, tal es así como la FHWA ROUNDABOUTS, que es un manual emitido por FHWA netamente para abarcar el tema de rotondas y su respectivo diseño (Instituto Mexicanodel Transporte, 1992).

- i. **DG – 2018.** Es un manual para el diseño geométrico de carreteras, donde a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se establecen parámetros que debemos seguir para poder elaborar diseños de intersecciones y otros, actualmente se trabaja con el manual del 2018, ya que aún no se ha actualizado (MTC, 2018).
- j. **Transitabilidad vehicular.** Es la calidad funcional de la vía desde el punto de vista de los usuarios, la transitabilidad es la aptitud de la vía de permitir una circulación fluida en condiciones de seguridad y velocidad de acuerdo a la categoría, además que de acuerdo a la infraestructura dependerá el estado de la vía, que permite un flujo vehicular regular durante un tiempo determinado, este flujo puede ser fluido o lento (Cervantes, 2018).
- k. **VHMD.** Es el volumen horario de máxima demanda, es el número de vehículos que pasan por un determinado punto sección de vía durante 1 hora (Rodríguez et al., 2005).
- l. **Tránsito anual (TA).** Este volumen estima las variaciones y volúmenes de tránsito en una carretera a lo largo de un año, calcula los índices de accidentes y determinalos patrones de viaje según áreas determinadas (Reyes et al., 2018).
- m. **Tránsito Promedio Diario (TPD).** Mide la demanda actual en calles y carreteras, estima el flujo de tránsito actual, detecta zonas donde se necesita construir o hacer modificaciones de acuerdo a la necesidad actual vehicular (Reyes et al., 2018).
- n. **Tránsito Horario (TH).** Este volumen ayuda a establecer controles en el tránsito como señalizaciones, sentidos, jerarquización de calles, limitación de zonas rígidas, maniobras y otros, también ayuda a proyectar y diseñar las intersecciones (Reyes et al., 2018).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

HG: La propuesta de diseño que se presenta en el software Synchro influye significativamente en la mejora de la congestión vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

HE1: Los volúmenes de congestión vehicular en horas punta en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, influirá significativamente en la propuesta de diseño en el software Synchro V8, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

HE2: Las variables encontradas para la propuesta de diseño en el software Synchro V8, nos permitirá mejorar el congestionamiento vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

HE3: Los obstáculos encontrados influyen significativamente en el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro V8, para la mejora del congestionamiento vehicular en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- Congestión vehicular.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Propuesta de diseño en el software Synchro.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA/TIPO DE VARIABLE
VARIABLE INDEPENDIENTE: Propuesta de diseño en el software Synchro	La propuesta de diseño dependerá de la funcionalidad y viabilidad que puede mostrar dicho proyecto en el modelamiento en el software Synchro, además se evaluará si eso mejora o no al tránsito vehicular en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón.	Criterios de diseño	Dimensiones, giros de vehículos, longitud de cola, paradas.	Manuales, libros.	La escala empleada es continua Variable cuantitativa

VARIABLE DEPENDIENTE:	La congestión surge cuando la demanda crece a la misma capacidad que ofrece la infraestructura transitada, por esta razón el tiempo de tránsito aumenta grandemente si lo comparamos a condiciones cuando la demanda es baja, esto sucede generalmente cuando la ciudad va creciendo (Thomson y Bull, 2001).	Aforo vehicular	Número de vehículos, horas punta, tipos de vehículos.	Ficha de campo.	La escala empleada es continua
Congestión vehicular					Variable cuantitativa

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación básica, también conocida pura o fundamental, tiene la finalidad de ampliar el conocimiento teórico sin propósitos inmediatos de aplicación, en relación, Hernández et al. (2014) afirman que la investigación básica se centra en generar teorías, principios y leyes que expliquen determinados fenómenos naturales o sociales, también existe un interés de entender causas, relaciones y fundamentos de los hechos. En palabras sencillas, la investigación básica es esencial para el desarrollo de la ciencia; por tanto, aunque no tiene aplicación práctica inmediata, sí constituye la base para las investigaciones de tipo aplicada, las cuales, sí pretenden resolver problemas concretos.

El tipo de investigación empleado fue la básica, pues se busca contribuir al campo científico sobre generar un nuevo diseño vial con el programa Synchro a partir de parámetros existentes.

3.1.1 ENFOQUE

El enfoque cuantitativo primero descubre y define las preguntas de investigación, para posteriormente probar hipótesis, los datos se obtienen de recolecciones en campo sin medición numérica, sin conteo, también se emplean descripciones y observaciones, su propósito principal es reconstruir la realidad tal como lo ve la sociedad (Gómez, 2006).

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que la recolección de datos se basará en un aforo vehicular realizado, además reconstruirá la realidad en la intersección Walker Soberón y propondrá una mejora de la congestión vehicular.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Según Romero (2005), la investigación descriptiva aplica técnicas de análisis como la encuesta, entrevista y observación, con este tipo de investigación se realizan diagnósticos, diseños y estudios de conductas en personas, grupos, objetos o cualquier fenómeno que requiera un análisis,

para poder recolectar información de sus conceptos y variables.

A partir de lo mencionado, el investigador define el nivel como descriptivo, ya que busca recolectar la información en la intersección del Malecón Walker Soberón y el Puente Huallaga, para analizar el nivel de servicio que ofrece la vía y la capacidad vehicular.

3.1.3 DISEÑO

En el diseño no experimental, el observador estudia la realidad tal como suceden, puesto que, para este tipo de diseño, el investigador no controla las variables independientes, sino que las observa. Hernández et al. (2014) indican que en este diseño no se construyen escenarios, sino que se observan situaciones que ya existen en el propio entorno para analizarlas, así que resulta adecuado cuando no se pueden controlar las variables del planteamiento de la investigación. Dicho diseño también puede llegar a ser utilizado para describir variables o para analizar las relaciones de estas últimas, sin establecer ningún tipo de causalidad.

En la presente investigación se enmarcó un diseño de tipo no experimental puesto que no se manipularon intencionalmente las variables, sino que se observó la realidad existente del tránsito de vehículos correspondiente a la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón; esto en línea con la propuesta de diseño de mini rotonda y semaforización en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población está conformada por todos los vehículos que circulen por la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón durante todo el año.

3.2.2 MUESTRA

La muestra seleccionada es la no probabilística es decir que se toma según el criterio del investigador, pero este criterio debe de estar relacionado a la experiencia de otras investigaciones, recomendaciones bibliográficas o buscar una manera sencilla de selección (Abascal y Grande, 2005), por tanto, se tomará la muestra el día viernes de 6:00 pm a 7:00 pm.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación emplea como técnica de recolección de datos se emplea la observación directa a través del aforo vehicular, los horarios y los tipos de vehículos que circulan por la intersección, pues con ellos se recoge información de manera precisa de las variables de estudio.

Como instrumentos de recolección de datos se usará las fichas de conteo vehicular que nos ayudarán a registrar los diferentes vehículos de circulación y facilitará el recojo de la información en el área de estudio.

3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

3.4.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se empleó las siguientes técnicas:

- a. **Aforo vehicular:** El aforo vehicular se empleó como técnica de conteo, este se realizó en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, este aforo comprende un conteo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo que se llevó a cabo durante 7 días.
- b. **Revisión de antecedentes:** Se revisa los antecedentes para poder contar con una guía o modelo que sirve como apoyo para la interpretación y análisis de la información que se obtiene.

Los instrumentos empleados son:

- a. **Google Earth:** Se contó con el software de Google Earth para limitar la zona de estudio, además para realizar el diseño

geométrico de la propuesta para verificar las medidas reales con los parámetros del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

- b. **Manual de Carreteras:** Diseño Geométrico DG – 2018: Este manual explica los parámetros actuales que se deben tener en cuenta para el diseño geométrico en las carreteras de Perú.
- c. **HCM 10:** Parámetros que se tuvieron en cuenta para la semaforización.
- d. **Synrho:** Software que se empleó para el registro de los datos y posterior modelado de la intersección.
- e. **Fichas de Conteo:** Material donde se registró el número y tipos de vehículos que circulan por la intersección de estudio.
- f. **Office Excel:** Software que facilitó la organización de datos obtenidos en campo y gabinete.

3.4.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

- a) La presentación de datos se organizó de acuerdo al aforo vehicular, ahí se tuvo en cuenta el tipo de vehículo y el volumen de cada mismo en el software Excel mediante cuadros estadísticos, gráficos y tablas.
- b) Los parámetros empleados fueron los dictados por el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, a la vez la metodología que se empleó para los cálculos fue la indicado por le HCM 2010, tanto para rotonda y semaforización.

3.4.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Después de los datos obtenidos en campo con el aforo vehicular, se procede a organizar la información en Excel, posteriormente organizada la información, se procede a revisar los antecedente y luego realizamos los cálculos de acuerdo al HCM 2010 y la DG – 2018, luego empezamos la prueba de las hipótesis en el software Synrho mientras se va realizando el modelamiento vamos encontrando limitaciones y dificultades, luego de terminar el modelamiento se obtienen los resultados de nivel de servicio en el transito actual y en el tránsito a futuro proyectado.

El proceso de la información de los datos se realizará empleando la estadística descriptiva y la estadística inferencial; se emplearán hojas de cálculo en Microsoft Excel, de la misma manera emplearemos cuadros, gráficos y el modelamiento de la intersección se realizará en el Software Synchro V8, ahí también se llevará a cabo la evaluación de la propuesta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Criterio de Análisis:

Para el análisis de cada uno de los siguientes puntos se ha tomado en cuenta los estudios anteriormente realizados para el proyecto: “Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad Urbana del Jr. Malecón Walker Soberón; (desde Emp. Pe 3N km 232+140 Puente Huallaga – Emp Pe – 3N km 228+920 Huancachupa), Calle Las Viñas – CCPP Potracancha, Distrito de Pillco Marca, Provincia de Huánuco – Departamento de Huánuco” – Etapa I: Puente Huallaga Pe – 3N km 232+140 – Puente Huancachupa Emp Pe – 3N 228+920, basándonos en los datos obtenidos a través de este proyecto, los criterios de análisis comprendieron lo siguiente:

La intersección de estudio tiene un acceso directo que conecta el puente Huallaga con el Malecón Walker Soberón, con un punto inicial donde sus coordenadas UTM, son:

- a) Este: 363257.1878
- b) Norte: 8899902.2633
- c) Cota: 1919.60 m.s.n.m.

Figura 2

Estado actual de la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón



Nota. Google Earth (2023).

Interpretación: La vía actual se encuentra funcionando en forma de T y no en + debido a que se encuentra ejecutando el proyecto de: “Mejoramiento de Servicio de Transitabilidad Urbana del Jr. Malecón Walker Soberón; Calle Las Viñas – CCPP Potracancha, Distrito de Pillco Marca, Provincia de Huánuco – Departamento de Huánuco”.

Para el respectivo análisis en la presente tesis, se evaluó los volúmenes de tráfico, se consideró el movimiento recto del flujo vehicular en ambos sentidos, además de los giros a la derecha e izquierda de la intersección en estudio.

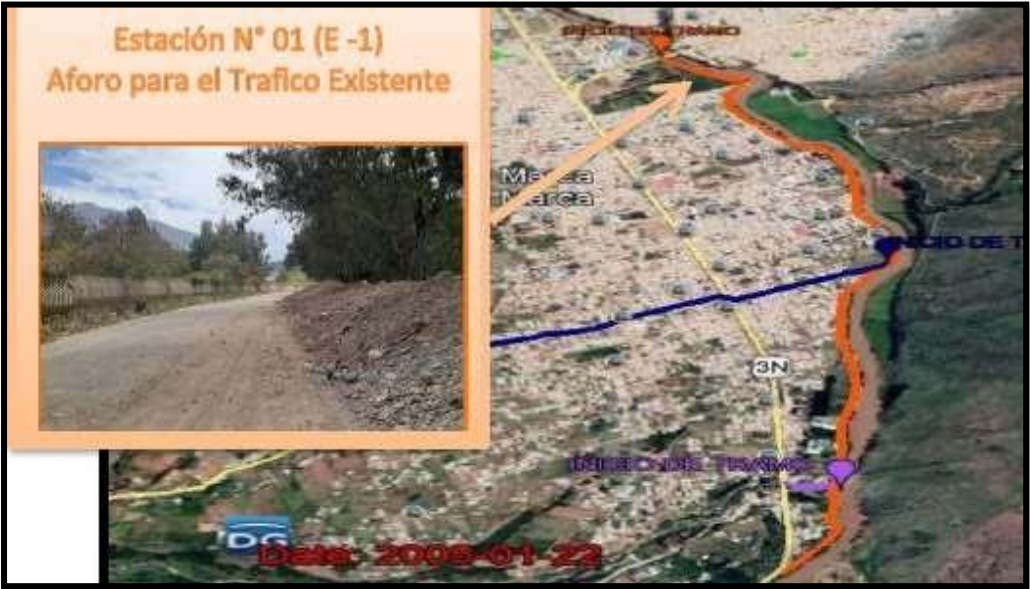
Para la realización del aforo vehicular se realizó el reconocimiento de la carretera, a la vez se ubicó una estación para su respectivo conteo. El aforo vehicular realizado nace de un conteo de volumen y se realizan durante las 24 horas al día, donde se clasifican los tipos de vehículos por hora y sentido, durante los 7 días de la semana.

También se analizó la distribución porcentual del tráfico de acuerdo a los carriles en sus respectivos cuadros para ambos sentidos y respectivos giros.

Se analizó el Índice Medio Diario Anual (IMDA) a partir de los factores de corrección como el horario, diario, estacional del tráfico de acuerdo al tipo de vehículo y total de vehículos. También se realizaron proyecciones del

tráfico de acuerdo a los tipos de vehículos que circulan por la intersección de acuerdo al factor de crecimiento anual y proyecciones.

Figura 3
Ubicación de la estación E-1 para el respectivo aforo del tráfico existente



Nota. Direccional Regional de Transportes y Comunicaciones Huánuco (DRTC, 2022).

Interpretación: El estudio de tráfico en campo se realizó en el mes de octubre, tuvo una duración de 7 días de la semana contando desde el día 21 de octubre hasta el 27 de octubre, a la vez se aforo durante un periodo de 24 horas debido a que es el punto inicial del nuevo proyecto.

Tabla 3
Cronograma del estudio de tráfico en la intersección de estudio

CO	TRAMO HOMOGÉNEO	UBICA	TRA	PE	H	2	2	2	2	2	2	2
DI		CIÓN	MO	RIO	O	1	2	3	4	5	6	7
GO			SEG	DO	R	L	M	M	J	V	S	D
			ÚN	(DÍ	A							
			CON	AS)								
			TRA									
			TO									

1. Volumen y clasificador vehicular

E1	TH:01: Pte Huallaga- Malecon Walcker Soberón - pto Huancachupac	Pillco Marca - Hco	Tram o 01	7	24	
----	---	--------------------------	--------------	---	----	--

Nota. DRTC (2022).

Interpretación: Cronograma de aforo de la intersección de estudio.

Tabla 4*Índice Medio Diario Proyectado a partir del tránsito actual*

Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler			
		Pick up	Panelli	Rural combi		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3				
																		
1057.77	476.325	196.005	59.13	45.99	138.605	0	0	192.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. DRTC (2022).

Interpretación: El índice de Medio Diario Proyectado será igual al Transito futuro que a la vez será la suma del Transito Actual más el Incremento de tránsito.

Fórmula para el cálculo del IMD de octubre.

$$IMD_{Oct} = \frac{V_L + V_M + V_{MI} + V_J + V_V + V_S + V_D}{7} * FCE$$

Dónde:

$V_L + V_M + V_{MI} + V_J + V_V + V_S + V_D$ son los volúmenes de tráfico registrados en los conteos los días lunes a domingo.

FCE: Factor de corrección estacional.

Interpretación: Para la realización del cálculo del IMDA que es el Índice Medio Diario Anual, primero se debe hallar el Índice Medio Diario del mes de octubre y se obtuvo promediando el volumen de los vehículos de los 7 días de conteo, multiplicando por el factor de corrección estacional del mes de noviembre.

En el caso del factor estacional estos ya son constantes de acuerdo al tipo de vehículo y de acuerdo a las estaciones climatológicas, pero ya que es proyecto está en una zona urbana no tendrá ninguna influencia en el IMD.

Factores adoptados para la corrección estacional.

FCE Vehículos ligeros 0.98%

FCE Vehículos pesados 0.96%

Interpretación: Los factores de corrección estacional ya están establecidos para cada tipo de vehículo.

De acuerdo al resumen del conteo semanal tráfico podremos aplicar la fórmula y obtener el IMD de octubre.

Tabla 5

Resumen semanal del conteo de tráfico de acuerdo al tipo de vehículo y días de la semana

Días	Moto Lineal	Moto Car	Aut o	Stat ion Wa gon	Camionetas			Mic ro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler				to ta l
					Pick up	Pa nel	Rural combi		2E	>= 3E	2E	3E	4E	2S1/ 2S2	2S 3	3S1/ 3S2	>= 3S 3	2T2	2T 3	3T 2	>= 3T 3	
Diagrama veh																						
Lunes	0	0	171	55	27	2	6	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
Martes	0	0	185	58	31	2	6	8	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Miercoles	0	0	173	56	29	2	7	6	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
Jueves	0	0	178	61	29	2	7	6	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Viernes	0	0	173	52	28	1	6	2	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
Sábado	0	0	166	58	37	2	7	4	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Domingo	0	0	162	60	44	2	12	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Total semana	0	0	1208	400	225	13	51	36	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211
%	0.00%	0.00%	57.12%	18.91%	10.64%	0.61%	2.41%	1.70%	0.00%	0.00%	8.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
MD	0	0	173	57	32	2	7	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

Nota. DRTC (2022).

Interpretación: Cálculo del IMD del mes de octubre de acuerdo a los tipos de vehículos que circulan durante toda la semana.

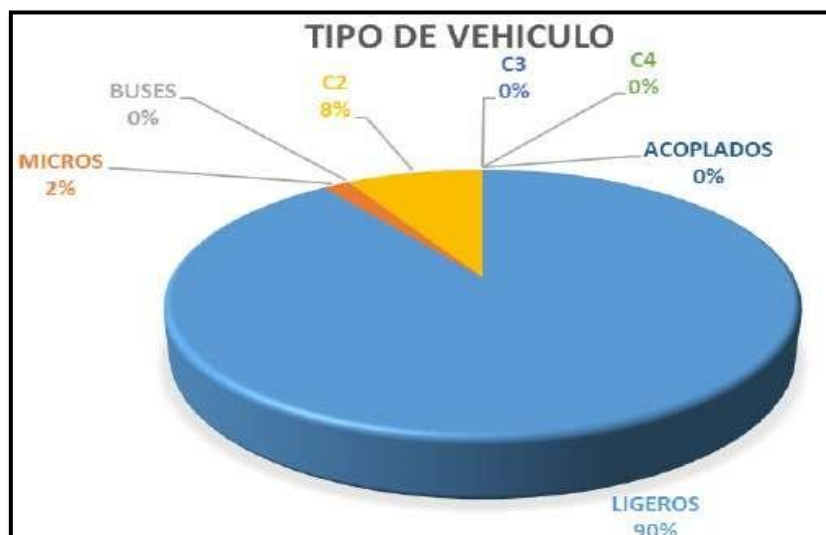
Tabla 6
Resumen vehicular diario

DIA	VOLUMEN POR DÍA	FACTOR
LUNES	292	1.034736
MARTES	314	0.962238
MIÉRCOLES	299	1.010511
JUEVES	310	0.974654
VIERNES	288	1.049107
SABADO	301	1.003797
DOMINGO	311	0.971520
PROMEDIO	302	1.00

Nota. DRTC (2022).

Interpretación: Resumen y promedio de vehículos que circulan diariamente por la intersección de estudio.

Figura 4
Clasificación vehicular promedio



Nota. DRTC (2022).

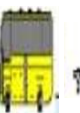
Interpretación: Se detalla la clasificación vehicular promedio, donde los vehículos de circulación regularmente son ligeros, micros y C2.

Análisis: Posteriormente en la tabla 7 y 8 necesitamos el promedio de tráfico vehicular de la semana de conteo (IMD semanal), que será la suma del

volumen diario de los 7 días y serán divididos entre 7, luego el IMDA en el tramo será el Índice Medio Diario Anual, que será el promedio semanal multiplicado por el factor de corrección por el tipo de vehículo.

Tabla 7

Promedio vehicular de la semana de conteo, Índice Medio Diario Semanal

Días	Moto Lineal	Moto Car	Aut o	Stat ion Wa gon	Camionetas			Mic ro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler					total
					Pick up	Pa nel	Rural combi		2E	>= 3E	2E	3E	4E	2S1/ 2S2	2S 3	3S1/ 3S2	>= 3S 3	2T 2	2T 3	3T 2	>= 3T 3		
Diagra veh																							
TOTAL SEMANA	0	0	120 8	400	225	13	51	36	0	0	18 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211 3	
%	0.00%	0.00 %	57. 12 %	18. 91 %	10. 64 %	0.6 1%	2.41%	1.7 0%	0.0 0%	0.0 0%	8.6 1%	0.0 0%	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.0 0%	0.0 0%	0.0 0%	0.0 0%	100. 00%	
IMD	0	0	173	57	32	2	7	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302	

Nota. DRTC (2022).

Tabla 8
IMDA de la intersección

Días	Mot o Lin eal	Mot o Car	Aut o	Stati on Wa gon	Camionetas Pick up	Pa nel	Rur al co mbi	Mic ro	Bus 2E	>= 3E	Camión 2E	3E	4E	Semi Trayler 2S1/ 2S2	2S 3	3S1/ 3S2	>=3 S3	Trayler 2T2	2T 3	3T 2	>= 3T 3	total
Diagra veh																						
TOTAL SEMAN A	0	0	120 8	400	225	13	51	36	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2113
%	0.0 0%	0.0 0%	57.1 2%	18.9 1%	10.6 4%	0.6 1%	2.4 1%	1.7 0%	0.0 0%	0.0 0%	8.6 1%	0.0 0%	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.0 0%	0.0 0%	100.00 %
IMD	0	0	173	57	32	2	7	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302
FC	0.98								0.96													
MCN = MC%C	0	0	170	56	32	2	7	5	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
	0.0 0%	0.0 0%	57.2 8%	18.9 7%	10.6 7%	0.6 2%	2.4 2%	1.6 6%	0.0 0%	0.0 0%	8.3 9%	0.0 0%	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.00 %	0.0 0%	0.0 0%	0.0 0%	100%
TRANS PORTE	91.61%								0.00%		8.39%											

Nota. DRTC (2022).

Análisis: Se realizó una clasificación vehicular promedio de los vehículos de circulación, donde la mayoría son vehículos ligeros y un cierto porcentaje menor de micros y camiones tipo C2:

Tabla 9

Porcentaje de tipos de vehículos que circulan por la intersección

TIPO DE VEHICULO	%
LIGEROS	89.95%
MICROS	1.66%
BUSES	0.00%
C2	8.39%
C3	0.00%
C4	0.00%
ACOPLADOS	0.00%

Nota. DRTC (2022).

De la misma manera se trabajó para las proyecciones a futuro del tráfico de vehículos, se empleó el método de la generación de viajes que aplica la siguiente fórmula:

Fórmula para obtener el tráfico en un determinado tramo en un determinado número de años.

$$T_{tn} = T_0 \left(1 + \left(\frac{\sum_1^n (R_{ij} \times T_{ijt})}{\sum_1^n T_{ijt}} \times \frac{1}{100} \right)^n \right)$$

Donde:

T_{tn} = Tráfico en el tramo T, en el año n

T₀ = Tráfico en el tramo T, en el año base

T_{ijt} = Tráfico entre las zonas i y j, que utiliza el tramo T.

Interpretación: La tasa de generación será una semisuma de los viajes en la zona y sentido de viaje y las tasas de crecimiento dependerán del tipo de vehículos.

Fórmulas para determinar las tasas de generación de viajes y tasas de crecimiento de tráfico respectivamente.

R_{ij} = Tasa de generación de viajes.

Las tasas de generación de viajes entre pares de zonas, se obtuvieron con la relación.

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2}$$

Dónde:

R_i = Tasa de generación de viajes de la zona i.

R_j = Tasa de generación de viajes de la zona j.

Las tasas de crecimiento del tráfico por tramos y tipo de vehículo, estarán dadas por:

$$R_t = \frac{\sum (R_{ij} \times T_{ij})}{\sum T_{ij}}$$

Las tasas de crecimiento tráfico obtenidos, se aplicaron a todos los tráficos del proyecto.

Interpretación: La tasa de generación de viajes variaran de acuerdo a la perspectiva del conductor y la demanda del transporte.

Además, que para la generación de viajes es necesario tener en cuenta la variable socio – económicas, el PBI y el crecimiento de la población y tipos de vehículos, existe una serie de indicadores que se emplean para los proyectos de inversión pública.

Tabla 10

Crecimiento del PBI, proyectado en los departamentos del Perú hasta el año 2023

Departamentos	1994-2001	2004-2013	2013-2023
Amazonas	1.10%	3.70%	3.40%
Ancash	3.40%	3.80%	3.40%
Apurímac	1.80%	3.40%	3.40%
Arequipa	3.40%	4.30%	3.80%
Ayacucho	3.40%	3.60%	3.40%
Cajamarca	7.80%	3.50%	3.40%
Cusco	6.20%	4.30%	3.70%
Huancavelica	0.80%	3.80%	3.70%
Huánuco	3.40%	3.50%	3.40%
Ica	1.30%	3.50%	3.40%
Junín	3.10%	3.80%	3.30%
La Libertad	3.60%	3.60%	3.30%
Lambayeque	3.10%	3.30%	3.30%
Lima	3.10%	3.80%	3.40%
Loreto	2.60%	4.10%	3.50%
Madre de Dios	5.00%	3.30%	3.40%
Moquegua	3.30%	3.50%	3.40%
Pasco	3.80%	3.50%	3.60%
Piura	3.40%	4.40%	3.40%
Puno	3.40%	3.50%	3.50%
San Martín	4.70%	4.00%	3.30%
Tacna	3.10%	4.30%	3.40%
Tumbes	-0.10%	3.40%	3.50%
Ucayali	4.40%	3.80%	3.40%
PBI	2.90%	3.80%	3.40%

Nota. Ministerio de Transporte y Comunicaciones y Oficina General de Planificación y Presupuesto (2004).

Interpretación: La tasa de generación de PBI varía para cada departamento de nuestro país, esto de acuerdo a su producción económica a nivel departamental.

De la misma manera se obtuvo fuentes para la tasa de crecimiento en torno a la población de acuerdo a los departamentos y provincias.

Tabla 11

Crecimiento de la población del año 1993 al 2007 con crecimiento internacional

Departamento	Ciudad	Población 1993	Población 2007	Incremento Absoluto	Incremento (%)	Tasa de crecimiento anual (%)
Total	-	11,097,118	14,729,069	3,631,951	32.7	2.0
Amazonas	Chachapoyas	15,785	23,022	7,417	47.0	2.7
Ancash	Huaraz	66,888	100,931	34,043	50.9	2.9
Ancash	Chimbote 1/	282,279	334,568	52,289	18.5	1.2
Apurímac	Abancay	46,977	51,462	4,465	9.5	0.6
Arequipa	Arequipa	619,156	756,867	137,711	22.2	1.4
Ayacucho	Ayacucho	105,918	151,019	45,101	42.6	2.5
Cajamarca	Cajamarca	92,447	162,326	69,879	75.6	4.0
Cusco	Cusco	255,568	348,935	93,367	36.5	2.2
Huancavelica	Huancavelica	31,068	41,331	10,263	33.0	2.0
Huánuco	Huánuco	118,814	149,210	30,396	25.6	1.6

Nota. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2008).

Interpretación: La tasa de crecimiento poblacional de acuerdo a cada departamento del Perú.

Análisis: Para la estimación de vehículos se empleó una tasa de crecimiento por tipo de vehículo, de acuerdo a los departamentos y a los porcentajes establecidos por el TC y el PBI.

Tabla 12*Tasas de crecimiento de acuerdo a la clasificación vehicular ligeros*

Departamento	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca	0.63%
Callao	1.56%
Cusco	0.75%
Huancavelica	0.83%
Huánuco	0.91%
Ica	1.15%
Junín	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima	1.45%
Loreto	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	0.97%
Pasco	0.84%
Piura	0.87%
Puno	0.92%
San Martín	0.97%
Tacna	1.49%
Tumbes	0.58%
Ucayali	1.51%
<i>Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados</i>	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.55%
Arequipa	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca	1.27%
Cusco	4.43%
Huancavelica	2.33%
Huánuco	3.85%
Ica	3.54%
Junín	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima	3.69%
Loreto	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.97%
Pasco	0.34%
Piura	3.12%
Puno	3.21%
San Martín	2.87%
Tacna	2.88%
Tumbes	2.60%
Ucayali	3.77%

Nota. INEI (2022).

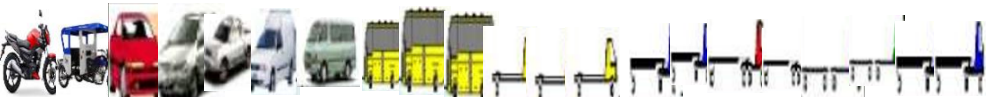
Tabla 13*Trafico actual considerando los factores de corrección*

Días	Moto Lineal	Moto Car	Aut o	Stat ion Wa gon	Camionetas			Mic ro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler				tot al
					Pick up	Pa nel	Rural combi		2E	>= 3E	2E	3E	4E	2S1/ 2S2	2S 3	3S1/ 3S2	>= 3S 3	2T 2	2T 3	3T 2	>= 3T 3	
Diagra veh																						
Lunes	0	0	171	55	27	2	6	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
Martes	0	0	185	58	31	2	6	8	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Miercoles	0	0	173	56	29	2	7	6	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
Jueves	0	0	178	61	29	2	7	6	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Viernes	0	0	173	52	28	1	6	2	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
Sabado	0	0	166	58	37	2	7	4	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Domingo	0	0	162	60	44	2	12	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Total semana	0	0	1208	400	225	13	51	36	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211
%	0.00%	0.00%	57.12%	18.91%	10.64%	0.61%	2.41%	1.70%	0.00%	0.00%	8.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
MD	0	0	173	57	32	2	7	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
FC	0.98								0.96													
MCN = MC%C	0	0	170	56	32	2	7	5	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
	0.00%	0.00%	57.28%	18.97%	10.67%	0.62%	2.42%	1.66%	0.00%	0.00%	8.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
TRANSPORTE	91.61%								0.00%		8.39%											
Trafico generado	0	0	42	14	8	0	2	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
Trafico desarrolla	0	0	8	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15

do																						
Total	0	0	221	73	41	2	9	6	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38 5

Nota. DRTC (2022).

Análisis: También se considerará el tráfico desviado, ya que hay algunas rutas actuales que tienen mejores condiciones de tiempo de viaje, por ello los usuarios se desvían intencionalmente para evitar paralizaciones y para del perfil de este proyecto se ha considerado un 10% de desvíos del tráfico.

Días	Moto	Motociclos	Autos	Sillas de ruedas	Camionetas	Mi	Bus	Camión	Semi	Trayler	Trayler	t								
	o	o	o	o	P	P	R	2	2	3	4	2	2	3	>	2	2	3	>	t
	Li	o	o	ti	i	a	ur	E	=	E	E	S	S	S	=	T	T	T	=	o
	ne	C	o	o	n	k	e	o	3	E		1	3	1	3	2	3	2	3	a
	al	a		n	W	u	l		E			/	/	/	S				T	l
		r		g	a	p	bi					2	3	3					3	
				o								2	2	2						
				n																
Día																				
Lunes	0	0	3	1	2	5	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	6
			5	9	1		7	9	5	2	6	2	6	7	6	3	4	4	3	6
			5																	1
Mar	0	0	3	2	2	4	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	6
tes			5	1	2		5	7	1	2	4	1	5	7	5	4	4	3		5
			5																	2
Mie	0	0	3	1	1	4	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	9	1	5
rcol			4	7	4		3	3	2	0	6	7	0	5	3	1	1	0		9
es			5																	4
Jue	0	0	3	1	1	4	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	6
ves			5	7	3		6	6	0	0	7	7	4	7	4	2	2	3	2	1
			1																	0
Vier	0	0	3	1	1	4	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	6
nes			5	7	7		5	7	0	0	6	9	1	6	3	2	2	2	0	1
			0																	0
Sab	0	0	3	2	1	4	2	5	1	8	2	2	2	2	2	1	1	1	1	5
ado			4	0	8		7		6		7	0	2	6	2	1	2	2	0	9
			9																	5
Do	0	0	3	2	2	5	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	9	1	5
min			2	0	0		5	6	2	1	6	8	1	5	3	1	1			8
go			9																	7
Tot	0	0	2	1	1	3	1	1	1	7	1	1	1	1	1	8	8	7	7	4
al			4	3	2	1	7	0	4	3	8	3	5	8	6	5	6	6	8	3

se			3	1	5		8	3	6		2	4	9	3	6	5					0	
ma			4																		9	
na																						
%	0.	0	5	3	2	0	4.	2	3	1	8	3	3	4	3	3	2	2	1	0	0	1
	0	.	6	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
	0	0	.	0	9	7	3	3	3	6	6	1	6	2	8	6	0	0	7	1	0	1
%	0	0	4	4	0	2	%	9	9	9	1	1	9	5	5	0	0	0	6	6	2	%
		%	9	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
		%																				
MD	0	0	3	1	1	4	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	6
			4	9	8		5	5	1	0	6	9	3	6	4	2	2	2	1			1
			8																			6
FC	69.33%								25.74													
MC	0	0	3	1	1	4	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	6
N =			4	8	8		5	4	0	0	5	8	2	5	3	1	2	2	0			0
MC			2																			8
%C	0.	0	5	3	2	0	4.	2	3	1	8	3	3	4	3	3	1	1	1	0	0	1
	0	.	6	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
	0	0	.	0	8	7	1	3	2	6	3	0	5	1	7	4	9	9	7	1	0	0
%	0	0	2	3	9	2	%	2	8	4	9	1	7	1	3	8	3	3	1	6	2	%
		%	7	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
		%																				
TR	69.33%								4.92		25.74%											1
AN									%													0
SP																						0
OR																						%
TE																						
Traf	0	0	8	5	4	1	6	4	2	2	6	5	5	6	6	5	3	3	3	0	0	1
ico			6						6													5
gen																						2
era																						
do																						
Traf	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3
ico			7																			0
des																						
arro																						
llad																						
o																						
Tot	0	0	4	2	2	6	3	2	5	1	3	2	2	3	3	2	1	1	1	1	0	7
al			4	4	3		3	6		3	2	4	8	3	0	8	5	5	4			9
			5																			1

Nota. DRTC (2022).

También se debe considerar el tránsito generado por vehículos que no son de transporte público y no se realizan rutas sino las van construyendo a medida que avanzan, es decir en esta categoría se encuentran los viajes que no se realizan previamente por ningún modo del transporte o nuevos viajes muy particulares, a este tipo de tránsito se le asigna un porcentaje de 5% y 25% del tránsito actual, en esta intersección por sus condiciones se considerará un 25%.

De la misma manera el tránsito desarrollado es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras que se pueden generar en el suelo de la vía, en el caso de vías con altas especificaciones otorgándole un valor de 5%.

Por tanto, el tráfico actual vendrá a ser la suma del tráfico normal, desviado y generado, donde la combinación de estos efectos originase una tasa de 1.99% y un factor de proyección (FP) de 1.8687, para ello se emplea la siguiente fórmula:

Fórmula para determinar el factor de proyección en la intersección.

$$FP = \frac{TA + CNT + TG + TD}{TA}$$

Donde:

FP: Factor de proyección.

Interpretación: El factor de proyección ayuda al cálculo del tránsito proyectado en los próximos años de acuerdo a los datos que se tienen en la actualidad.

TA: Tasa Anual.

TG: Tránsito Generado.

TD: Tránsito Desviado

CNT: Tráfico Normal.

Interpretación: Por tanto, aplicamos la fórmula anterior sobre los datos que ya se manejan de esta manera se obtienen el tráfico que se dará en los próximos años de acuerdo a nuestro factor de proyección.

Tabla 15

Resumen de los diferentes tráficos que se darán en la vía y cálculos de proyección

Días	Moto Lineal	Mot o Car	Aut o	Sta tion Wa gon	Camionetas			Mi cro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler				tot al
					Pic k up	Pa nel	Rural combi		2E	>= 3E	2E	3E	4E	2S1/ 2S2	2S 3	3S1/ 3S2	>= 3S 3	2T 2	2T 3	3T2	>= 3T 3	
Diagra veh																						
MCA existente	0	0	170	56	32	2	7	5	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	297
TE	0.00%	0.00%	57.28%	18.97%	10.67%	0.62%	2.42%	1.66%	0.00%	0.00%	8.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
TRANSP ORTE	91.61%								0.00%		8.39%											100%
MDA Desviado	0	0	343	18	18	4	25	14	20	10	13	18	22	25	23	21	12	12	10	1	0	808
	0.00%	0.00%	56.27%	3.03%	2.89%	0.72%	4.11%	2.32%	3.28%	1.64%	2.07%	3.01%	3.57%	4.11%	3.73%	3.48%	1.93%	1.93%	1.71%	0.16%	0.02%	100%
TRANSP ORTE	69.33%								4.92%		25.74%											100%
MDA TRANSIT O	0	0	512	75	49	6	32	19	20	10	37	18	22	25	23	21	12	12	10	1	0	906
	0.00%	0.00%	56.60%	8.25%	5.44%	0.68%	3.56%	2.10%	2.21%	1.10%	4.14%	2.03%	2.40%	2.77%	2.51%	2.34%	1.30%	1.30%	1.15%	0.11%	0.02%	100%
TRANSP ORTE	76.63%								3.31%		20.06%											100%

TRAFICO DESVIADO	0	0	128	19	12	2	8	5	5	2	9	5	5	6	6	5	3	3	3	0	0	22
	0.00%	0.00%	56.60%	8.25%	5.44%	0.68%	3.56%	2.10%	2.21%	1.10%	4.14%	2.03%	2.40%	2.77%	2.51%	2.34%	1.30%	1.30%	1.15%	11.00%	2.00%	100%
TRANSPORTE	76.63%								3.31%		20.06%											100%
TRAFICO DESARROLLADO	0	0	26	4	2	0	2	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	45
	0.00%	0.00%	56.60%	8.25%	5.44%	0.68%	3.56%	2.10%	2.21%	1.10%	4.14%	2.03%	2.40%	2.77%	2.51%	2.34%	1.30%	1.30%	1.15%	11.00%	2.00%	100%
TRANSPORTE	76.63%								3.31%		20.06%											100%
TRAMO FUTURO	0	0	666	97	64	8	42	25	26	13	49	24	28	33	30	28	15	15	14	1	0	1176
	0.00%	0.00%	56.60%	8.25%	5.44%	0.68%	3.56%	2.10%	2.21%	1.10%	4.14%	2.03%	2.40%	2.77%	2.51%	2.34%	1.30%	1.30%	1.15%	11.00%	2.00%	100%
TRANSPORTE	76.63%								3.31%		20.06%											100%
PACTO DE PROYECCIÓN	3.97%																					

Nota. DRTC (2022).

Análisis: Como ya tenemos el factor de proyección, podemos realizar el cálculo del tránsito futuro, para ello se tendrá en cuenta el tránsito actual y el incremento de tránsito

Fórmula para obtener el Tránsito Futuro (TF) a partir de la suma del Tránsito Actual más Incremento de Tránsito.

$$TF = TA + IT$$

Análisis: El incremento del tránsito (IT) es el volumen del tránsito que se espera tener en un futuro, este incremento está compuesto por el crecimiento normal del tránsito (CNT), tránsito generado (TG) y el tránsito desarrollado TD.

Ecuación para obtener el tráfico futuro.

$$TF = TA \times (1 + i)^n$$

TF, será el tránsito proyectado y n, será el número de años, en este caso serán 10 años, TA, es el tránsito actual, i, es la tasa de crecimiento anual (DRTC, 2022).

Análisis: Para la proyección del tráfico de la vía se tuvo en cuenta el PBI departamental proyectado y para el transporte de pasajeros se consideró la tasa poblacional anual del INEI.

Tabla 16
Tasa de crecimiento del tráfico por clasificación de vehículos

Departamento	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca	0.63%
Callao	1.56%
Cusco	0.75%
Huancavelica	0.83%
Huánuco	0.91%
Ica	1.15%
Junín	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima	1.45%

Loreto	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	0.97%
Pasco	0.84%
Piura	0.87%
Puno	0.92%
San Martín	0.97%
Tacna	1.49%
Tumbes	0.58%
Ucayali	1.51%
Tasa de crecimiento del tráfico por clasificación de vehículos	
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.55%
Arequipa	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca	1.27%
Cusco	4.43%
Huancavelica	2.33%
Huánuco	3.85%
Ica	3.54%
Junín	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima	3.69%
Loreto	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.97%
Pasco	0.34%
Piura	3.12%
Puno	3.21%
San Martín	2.87%
Tacna	2.88%
Tumbes	2.60%
Ucayali	3.77%

Nota. INEI (2022).

Tabla 17

Resumen del tránsito futuro en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón

Días	Mot o Lineal	Mot o Car	Aut o	Statio n Wag on	Camionetas			Micr o	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler				tot al
					Pic k up	Pan el	Rura l com bi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S 3	3S1/3 S2	>=3S 3	2T 2	2T 3	3T 2	>=3T 3	
Diagra veh																						
IMDA TRANSI TO ACTUAL (TA)	0	0	512	75	49	6	32	19	20	10	37	18	22	25	23	25	12	12	10	1	0	90 5
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	517	75	50	6	32	19	20	10	38	18	22	25	23	25	12	12	10	1	0	91 3
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	521	76	50	6	33	19	20	10	38	19	22	25	23	25	12	12	11	1	0	92 1
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	526	77	51	6	33	20	21	10	39	19	22	26	23	26	12	12	11	1	0	93 0
Transito Futuro:	0	0	531	77	51	6	33	20	21	10	39	19	23	26	24	26	12	12	11	1	0	93 8

TF (t) = TA + IT)																						
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	536	78	51	6	34	20	21	10	39	19	23	26	24	22	12	12	11	1	0	94 7
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	541	79	52	7	34	20	21	11	40	19	23	26	24	26	12	12	11	1	0	95 5
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	546	80	52	7	34	20	21	11	40	20	23	27	24	27	13	13	11	1	0	96 4
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	551	80	53	7	35	20	21	11	40	20	23	27	24	27	13	13	11	1	0	97 3
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	556	81	53	7	35	21	22	11	41	20	24	27	25	27	13	13	11	1	0	98 2
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	561	82	54	7	35	21	22	11	41	20	24	27	25	27	13	13	11	1	0	99 1
IMD Diseño	991																					
Nota. DRTC (2022).																						

Criterios de diseño de Aforo:

Análisis: El aforo con el que trabajaremos será el actual que es de 297 vehículos ya que es el IMDA que viene a ser el tráfico normal actual y él se emplea actualmente en el tramo.

Tabla 18

Aforo actual, 297 vehículos

Días	Moto Lineal	Moto Car	Aut o	Stat ion Wa gon	Camionetas Pick up	Pa nel	Rural combi	Mic ro	Bus 2E	>= 3E	Camión 2E	3E	4E	Semi Trayler 2S1/ 2S2	2S 3	3S1/ 3S2	>= 3S 3	Trayler 2T 2	2T 3	3T 2	>= 3T 3	tot al
Diagra veh																						
Lunes	0	0	171	55	27	2	6	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293
Martes	0	0	185	58	31	2	6	8	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	314
Miercoles	0	0	173	56	29	2	7	6	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	295
Jueves	0	0	178	61	29	2	7	6	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	316
Viernes	0	0	173	52	28	1	6	2	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	284
Sabado	0	0	166	58	37	2	7	4	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	307
Domingo	0	0	162	60	44	2	12	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312
Total semana	0	0	1208	400	225	13	51	36	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219
%	0.00%	0.00	57.	18.	10.	0.6	2.41%	1.7	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10

		%	12 %	91 %	64 %	1%		0%	0%	0%	1%	0%	0%	%	0%	%	0%	0%	0%	0%	0%	0
MD	0	0	173	57	32	2	7	5	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
FC	0.98%										25.74											1
MCN =	0	0	170	56	32	2	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
MC%C	0.00%	0.00	57.	18.	10.	0.6	2.42%	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	10
		%	28	97	67	2%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	%	0%	%	0%	0%	0%	0%	0%	0
TRANSPORTE	1.66%		%	%	%						4.92%	25.74%										10
Trafico generado	0	0	42	14	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
Trafico desarrollado	0	0	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
Total	0	0	221	73	41	2	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
																						5

Nota. DCRT (2022)

Análisis: El aforo de proyección a tiempo futuro que se empleará será el calculado a los próximos 10 años, lo que equivale a 991 vehículos/día.

Tabla 19

Resumen de tránsito a tiempo futuro, 991 vehículos

Días	Moto Lineal	Moto Car	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler				Total	
					Pick up	Pan el	Rural combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S 3	3S1/3 S2	>=3S 3	2T 2	2T 3	3T 2	>=3T 3		
Diagrama veh																							
IMDA TRANSITO ACTUAL (TA)	0	0	512	75	49	6	32	19	20	10	37	18	22	25	23	25	12	12	10	1	0	905	
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	517	75	50	6	32	19	20	10	38	18	22	25	23	25	12	12	10	1	0	913	
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	521	76	50	6	33	19	20	10	38	19	22	25	23	25	12	12	11	1	0	921	
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	526	77	51	6	33	20	21	10	39	19	22	26	23	26	12	12	11	1	0	930	

Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	531	77	51	6	33	20	21	10	39	19	23	26	24	26	12	12	11	1	0	93 8
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	536	78	51	6	34	20	21	10	39	19	23	26	24	22	12	12	11	1	0	94 7
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	541	79	52	7	34	20	21	11	40	19	23	26	24	26	12	12	11	1	0	95 5
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	546	80	52	7	34	20	21	11	40	20	23	27	24	27	13	13	11	1	0	96 4
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	551	80	53	7	35	20	21	11	40	20	23	27	24	27	13	13	11	1	0	97 3
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	556	81	53	7	35	21	22	11	41	20	24	27	25	27	13	13	11	1	0	98 2
Transito Futuro: TF (t) = TA + IT)	0	0	561	82	54	7	35	21	22	11	41	20	24	27	25	27	13	13	11	1	0	99 1
IMD Diseño	991																					

Nota. DRTC (2022),

Criterio de diseño para la vía:

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras la intersección del puente Huallaga y Walker Soberón se clasifica en:

Tabla 20

Tabla de clasificación de la vía de acuerdo a la demanda

Autopista de 1era clase (AP)	Autopista de 2da clase: carreteras dual o multicarril	Carreteras de 1era clase	Carretera de 2da clase	Carretera de 3era clase	Trochas carrózales
IMD >6000 veh/día	IMDA 4001>6000 veh/día	IMDA 2001>4000 veh/día	IMDA 400>2000 veh/día	IMDA <400 veh/día	IMDA menor a 200 veh/día
Calzadas separadas con separador central >6m	Calzadas separadas con separador (1-6)m	Una calzada de 2 carriles. c/carril ≥ 3.60m	Una calzada de 2 carriles	Una calzada de 2 carriles	Calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m
Dos o mas carriles por calzada c/carril ≥ 3.60m	Dos o mas carriles por calzadas c/carril ≥ 3.60m	c/carril ≥ 3.60m	c/carril ≥ 3.60m	c/carril ≥ 3.60m	c/carril ≥ 3.60m
Control total de accesos	Control parcial de accesos				
Proporciona flujo vehicular continuo	Proporciona flujo vehicular continuo				

Nota. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018).

Interpretación: El aforo vehicular nos arrojó 297 vehículos por día, por tanto, se ubica en una carretera de segunda clase, con una calzada de 2 carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.

Tabla 21

Clasificación de acuerdo a las condiciones del terreno

OROGRAFIA	INCLINACION TRANSVERSAL RESPECTO AL
TIPO 1 (PLANO)	Menor o igual a 10%
TIPO 2 (ONDULADO)	Entre 11 y 50%
TIPO 1 (ACCIDENTADO)	Entre 51 y 100%
TIPO 1 (ESCARPADO)	Mayor a 100%

Nota.: MTC (2018).

Interpretación: Según el tipo de orografía, en la vía se clasifica en Tipo 2, donde tiene un terreno ondulado y la pendiente varia de 50% a 100%.

Tabla 22*Datos básicos de los vehículos tipo M, empleados en el dimensionamiento de carreteras*

Tipo de vehículo	Alt o total (m)	Anc ho total (m)	Vuel o lateral (m)	Anc ho ejes (m)	Larg o total (m)	Vuelo delante ro (m)	Separaci ón ejes (m)	Vuel o trase ro (m)	Radio mín. rueda exterior (m)
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	11.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.75	3.70	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.30	3.00	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.50	6.70 / 1.90 / 4.00	10.30 / 3.10	3.10	12.80
Semirremol que simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.60 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremol que doble (T2S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 4.40	1.40	13.70
Semirremol que remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 4.10	1.40	13.70
Semirremol que simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.50	5.40 / 11.90	2.00	—

Nota. MTC (2018).

Interpretación: El vehículo de diseño que se consideró de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG – 2018).

Tabla 23
Velocidad de diseño

Clasificación de vía	Orografía	Velocidad de diseño VTR (km/h)
Autopista de primera clase	Plano	100 – 130
	Ondulado	80 – 110
	Accidentado	70 – 100
	Escarpado	—
Autopista de segunda clase	Plano	80 – 120
	Ondulado	70 – 100
	Accidentado	60 – 80
	Escarpado	—
Carretera de primera clase	Plano	60 – 100
	Ondulado	50 – 80
	Accidentado	40 – 60
	Escarpado	—
Carretera de segunda clase	Plano	50 – 80
	Ondulado	40 – 70
	Accidentado	30 – 60
	Escarpado	—
Carretera de tercera clase	Plano	40 – 60
	Ondulado	30 – 50
	Accidentado	30 – 40
	Escarpado	—

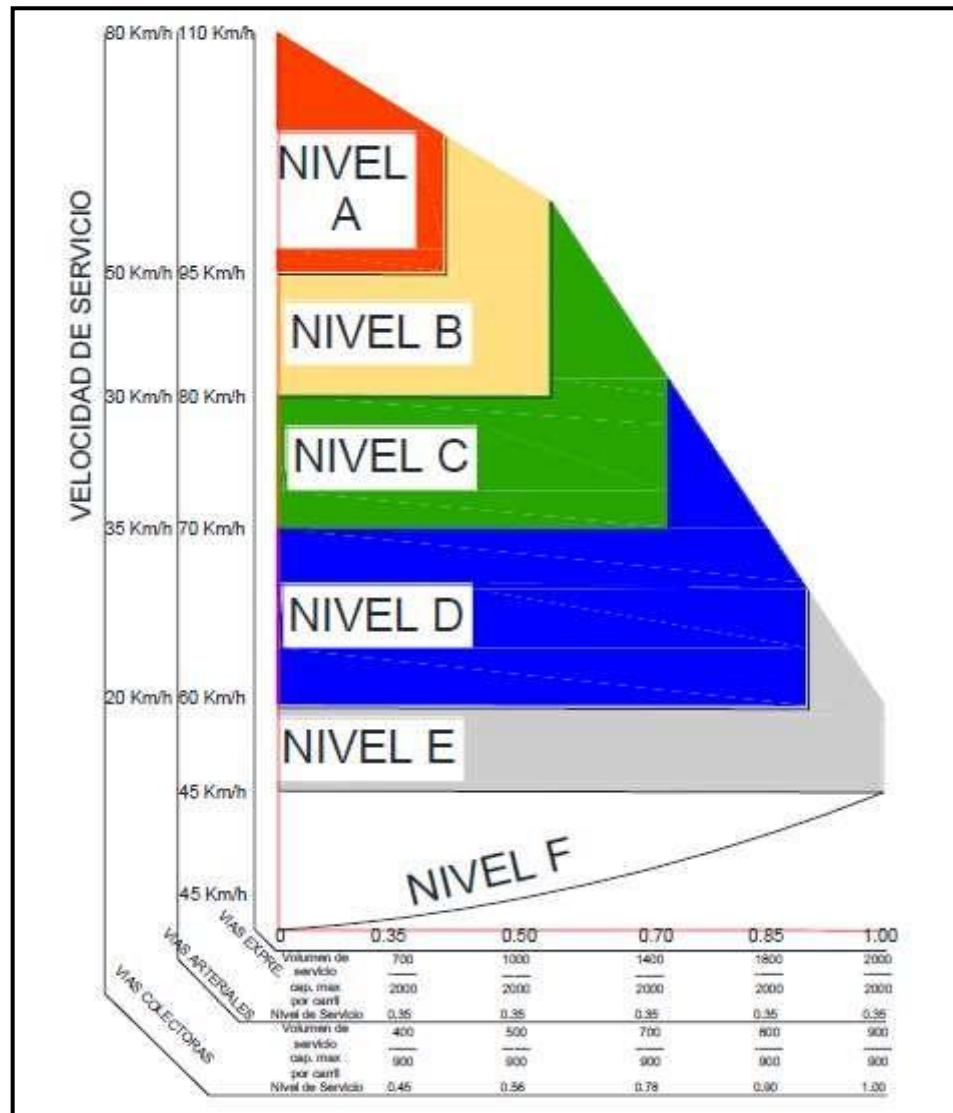
Nota. MTC (2018).

Interpretación: Dependerá de la clasificación de la demanda y la clasificación de acuerdo a sus condiciones, donde la velocidad de diseño variará de 40 – 50 o 60 km/hora, donde la velocidad de diseño será de 40 km/h.

El nivel de servicio nos sirve para medir la calidad del flujo vehicular, este nivel mide las condiciones de operación vehicular y la percepción que tienen los motoristas y pasajeros sobre ella, los factores que influyen en el nivel de servicio son la variación de la velocidad, volumen, composición del tránsito, libertad de movimiento, anchura, entre otros.

Figura 5

Nivel de servicio de acuerdo a la velocidad y volumen de servicio



Nota. Valdés et al. (2008).

Interpretación: De acuerdo al estudio del perfil técnico el Nivel de Servicio actual de la vía es de nivel C, este nivel tiene un flujo estable pero los usuarios de la vía ya pierden la libertad de movimiento y la libertad de maniobra comienza a ser restringida y con una velocidad media inferior de 30 km/hora.

Análisis: Para el radio de giro mínimo se tuvo en cuenta los vehículos de circulación y las dimensiones de los mismos, además que a lo largo del proyecto solo

hay curvas horizontales los radios de giro oscilan desde 70m a los 25 m, lo que indica que pueden circular hasta vehículos de tipo BA – 1.

Tabla 24

Giros mínimos de acuerdo al tipo de vehículo

Vehículo tipo del proyecto	Dimensiones del vehículo (m)			Dimensiones del radio giro mínimo (m)		
	L (2)	Ancho (Max)	H (Max)	Re (3)	RI (4)	Sa
Automóviles	4.75	2.1	1.6	5.8	4.2	0.5
Camiones (12.3 y 13.2 m de largo)	12.3 / 13.2	2.6	4.1	12.8	7.4	1.3
Camiones (20.5 m de largo)	20.5	2.6	4.1	14	6.0	0.5
Camiones remolques (23 m de largo)	23	2.6	4.65	15.5	6.0	0.5
Bus (B2)	13.2	2.6	4.1	12.8	7.4	1.3
Bus (B3-1 y B4-1)	14.0 / 15.0	2.6	4.3	13.5	6.6	0.5
Bus articulado (BA-1)	18.3	2.6	4.3	16	4.3	0.5

Nota. MTC (2018).

Interpretación: Por tanto, el proyecto de estudio solo se tiene curvas horizontales con radios de giro de 70 m hasta los 25 m, lo que otorga una circulación a buses articulados como el BA-1, que es un vehículo que necesita un radio externo mínimo de 16 m. Por tanto, esta nueva intersección por el acceso al Malecón Walker Soberón solo llevara tráfico ligero y no pesado como vehículos de 3T3, 2T3, 3T2 debido a que su radio externo de giro es de 12.8 m.

Tabla 25

Cuadro de resumen de las características de la vía

N°	Descripción	Via car ril izq uier do (m)	Vi a ca rril de re cho (m)	Se par ado r de via (m)	Cicli smo car ri l izqu ier do (m)	Cicli smo car ri l dere cho (m)	Pro gre siv a inic io (km)	Progresiva final (km)	Zon a de par que o (m2)	An ch o tot al de vi a	Area de pavi ment o (m2)
1	Tramo i	3.60	3.60	0.10	1.30	1.30	0+000	0+464.66	3+302	9.90	34,303.13
2	Tramo ii	3.60	3.60				0+000	0+739.33	0+573	7.20	12,528.18
3	Descuento carretera central	3.60	3.60				0+520	0+567.95		7.20	-345.24
4	Tramo iii	3.60	3.60	0.10	1.30	1.30	0+000	0+135.32	0+642	9.90	1,339.44
	Total						5,907.24	4,243.93			47,817.51

Nota. DRTC (2022).

Modelamiento en el software Synchrho V8

Para empezar con el modelamiento en el software primero debemos analizar el área de estudio y su funcionamiento actual.

Figura 6

Estado actual de la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón



Nota. Google Earth (2024).

Interpretación: La actual intersección tiene forma de cruz, pero el Malecón Walker Soberón tiene una superficie de rodadura de material afirmado en mal estado.

Figura 7

Medidas del tramo de estudio del Puente Huallaga



Nota. Google Earth (2024).

Interpretación: Las medidas se tomaron desde el punto PHA hasta el punto PHB, siendo 207.21 m de distancia.

Figura 8

Medida del tramo de estudio del Malecón Walker Soberón



Nota. Google Earth (2024).

Interpretación: Las medidas se tomaron desde el punto WSA hasta el punto WSB, siendo 413.59 m de distancia.

Una vez que tenemos las dimensiones ingresamos al software Synchro V8 y procedemos a importar la imagen.

Figura 9

Importación de imagen desde Google Maps, de acuerdo a las coordenadas



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Es importante obtener las coordenadas de los puntos que hemos trazado en GoogleEarth y la medida que hemos tomado de punto a punto, ya que de acuerdo a eso ubicamos estos puntos en el software Synchro V8 y a la vez lo escalamos.

Análisis: Una vez la imagen se importe correctamente, procedemos a crear nuestra intersección.

Figura 10

Creación de la superficie de rodadura con el comando Add Link



Nota. Synchro V8 (2024).

Procedemos a usar el comando Lane Settings que es el comando de la Configuración de Carril para configurar nuestra intersección, tanto su aforo, sentido de vías, velocidad, ancho de carril, pendiente, giros número de carriles y otros, del estado actual de la vía.

Figura 11

Configuración de cada carril en la intersección



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Configuramos la sección denominando por sus iniciales, el aforo que en este sentido de Este a Oeste o al Sur es de 49 vehículos.

Figura 12
Configuración del carril de Norte a Sur

Nota. Synrho V8 (2024).

Nota. Syncrho V8 (2024).

Figura 14

Configuración de la intersección en sentidos de Norte a Sur (Malecón Walker Soberón) y de Este a Oeste (Puente Huallaga)

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	17	32	0	18	30	0	90	10	0	100	0
Street Name												
Link Distance (m)	—	54.7	—	—	63.4	—	—	75.1	—	—	83.5	—
Link Speed (km/h)	—	40	—	—	40	—	—	40	—	—	40	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	4.9	—	—	5.7	—	—	6.8	—	—	7.5	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.911	—	—	0.916	—	—	0.986	—	—	1.000	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1697	—	—	1706	—	—	1837	—	—	1863	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1697	—	—	1706	—	—	1837	—	—	1863	—
Right Turn on Red?	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Una vez que ya está configurada la intersección en el caso de los carriles de desplazamiento, ahora configuramos el volumen con el comando Volumen Settings.

Figura 15

Configuración del volumen en la intersección

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	17	32	0	18	30	0	90	10	0	100	123
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	20	0	—	20	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	0	18	35	0	20	33	0	98	11	0	109	134
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	53	0	0	53	0	0	109	0	0	243	0

Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Para la configuración del volumen se tienen en cuenta el conflicto con los peatones, vehículos pesados, pero recordemos que en el malecón no se permite el acceso de estos y solo se consideró en la Puente Huallaga con un número de 5, además del conflicto con las custers o buses con un número de 8.

Figura 16

Configurar el nodo en general con el comando

SIGNING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	17	32	0	18	30	0	90	10	0	100	100
Sign Control	—	Free	—	—	Free	—	—	Free	—	—	Free	—
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
TW/LTL Median	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Critical Gap, IC (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Follow Up Time, tF (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Control Delay (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Level of Service	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Queue Length 95th (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Approach Delay (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Approach LOS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Nota. Synrho V8 (2024)

Posteriormente debemos configurar el nodo en general con el comando Node Settings, en este caso debemos de tener en cuenta que la intersección no cuenta con semáforos, por tanto, debemos reflejar eso en la configuración.

Tabla 26

Configuración del nodo

NODE SETTINGS		
Node #		3
Zone:		
X East (m):		295510.0
Y North (m):		7235612.0
Z Elevation (m):		0.0
Description		
Control Type	Unsig	
Max v/c Ratio:		0.14
Intersection Delay (s):	—	
Intersection LOS:	—	
ICU:		0.15

Nota. Synrho V8 (2024).

Interpretación: El comando que configuramos fue el de Unsig que es el que señala que no existe una señalización en la intersección, ya sea de semáforos o carteles, por lo cual todo el acceso carece de restricciones y todos los carriles tienen pase libre, por este desorden es que la intersección califica con un nivel de servicio C.

Figura 17

Simulación de la intersección de estudio, con el aforo de 297 vehículos, situación actual



Nota. Synrho V8 (2024).

Análisis: También se cuenta con un segundo aforo de 385 vehículos que viene a ser el aforo con factor de corrección de estacionalidad y porcentaje de transporte urbano, tráfico general y tráfico desarrollado, para la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón.

Tabla 27

Para este modelamiento se empleó la misma configuración, solo tenido en cuenta el nuevo aforo

NODE SETTINGS	
Node #	1
Zone:	
X East (m):	296510.2
Y North (m):	7259427.6
Z Elevation (m):	1919
Description	
Control Type	Unsig
Max v/c Ratio:	0.00
Intersection Delay (s):	—
Intersection LOS:	—
ICU:	0.23

Nota. Synrho V8 (2023).

Figura 18

Configuración de acuerdo al estado de la vía, sin señalizaciones

SIGNING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑			↑			↑	
Traffic Volume (vph)	0	27	48	0	35	65	0	100	10	0	100	0
Sign Control	—	Free	—	—	Free	—	—	Free	—	—	Free	—
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
TWLT Median	—		—	—		—	—		—	—		—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Critical Gap, tC (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Follow Up Time, tF (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Control Delay (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Level of Service	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Queue Length 95th (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Approach Delay (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Approach LOS	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—

Figura 19

Simulación de la intersección de estudio, con el aforo de 385 vehículos, aforo con corrección estacional



Nota. Synrho V8 (2024).

Análisis: De la misma manera se modelará teniendo en cuenta el tránsito futuro que equivale a 991 vehículos, esto con la finalidad de tener una proyección del crecimiento vehicular que se pueden dar en los próximos años, de la misma manera para después de ejecutado el proyecto se proyecta una nueva configuración de vía, esta configuración cambia el sentido de algunos carriles en la vía.

Figura 20

Configuración vehicular planteada para después de terminado el proyecto actual en la intersección



Nota. DRTC (2024).

Análisis: Basándonos en los datos obtenidos, nuestra configuración a futuro cambiaría y sería la siguiente:

Figura 21

Configuración vehicular planteada para después de la ejecución del proyecto actual, considerando el tránsito a futuro 991 vehículos



Nota. Synrho V8 (2024).

Tabla 28

Configuración en el nodo de la intersección a futuro, si no llevara señalizaciones

NODE SETTINGS	
Node #	4
Zone:	
X East (m):	201796.7
Y North (m):	4937174.5
Z Elevation (m):	0
Description	
Control Type	Unsig
Max v/c Ratio:	0.73
Intersection Delay (s):	15.0
Intersection LOS:	C
ICU:	0.52

Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Ya con el crecimiento de la tasa de vehículos en la intersección, el nivel de servicio de la vía es de nivel C.

Figura 22

Configuración de acuerdo a las señalizaciones de la intersección a futuro

SIGNING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	100	135	123	112	0	0	0	0	160	190	171
Sign Control	—	Free	—	—	Free	—	—	Stop	—	—	Stop	—
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
TwLTL Median	—		—	—		—	—		—	—		—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Critical Gap, tC (s)	—	—	—	4.1	—	—	—	—	—	7.1	6.5	6.2
Follow Up Time, tF (s)	—	—	—	2.2	—	—		—	—	3.5	4.0	3.3
Volume to Capacity Ratio	—	0.15	0.15	0.10	0.10	—	—	—	—	0.73	0.73	0.49
Control Delay (s)	—	0.0	0.0	0.9	4.6	—	—	—	—	36.4	26.7	17.0
Level of Service	—	A	A	A	A	—	—	—	—	E	D	C
Queue Length 95th (m)	—	0.0	0.0	2.7	2.7	—	—	—	—	45.2	45.2	21.8
Approach Delay (s)	—	0.0	—	—	4.6	—	—	0.0	—	—	26.5	—
Approach LOS	—	—	—	—	—	—	—	A	—	—	D	—

Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: El servicio es malo que de acuerdo al carril que se emplea desciende hasta un nivel D y E.

Figura 23

Simulación de la intersección de estudio a futuro, aforo de 991 vehículos



Nota. Synrho V8 (2024).

Interpretación: El servicio es malo que de acuerdo al carril que se emplea desciende hasta un nivel D y E y las colas de vehículos ya se empiezan a notar.

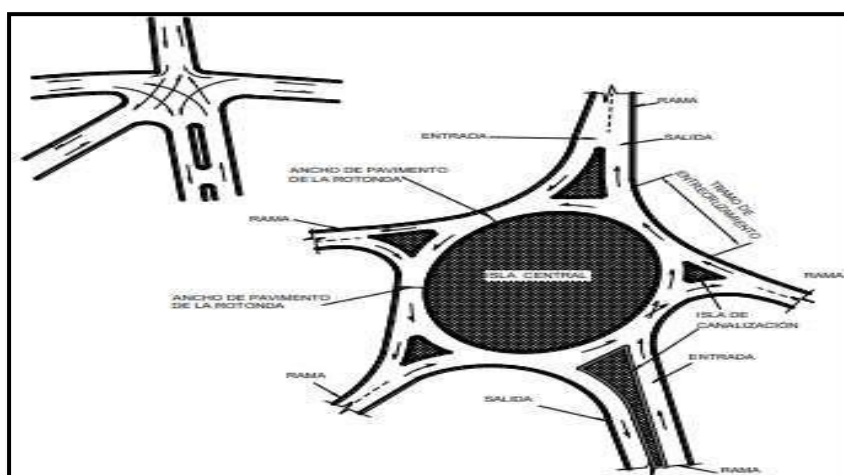
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Contrastación aplicando la propuesta de minirotonda

Para la propuesta de mini rotonda, se tuvo en cuenta las normas vigentes, como el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

Figura 24

Esquema y partes de una glorieta o rotonda



Nota. MTC (2018).

Interpretación: Esquema y partes de una rotonda.

Tabla 29

Criterios de diseño para una rotonda

Descripción	Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central	m	25
Diámetro mínimo del círculo central	m	50
Relación W/L (Sección entrecruzamiento)		Entre 0.25 y 0.40
Ancho sección entrecruzamiento	m	Máximo 15
Radio de interior de entrada	M	30
Radio de interior de salida	m	40
Angulo ideal de entrada		60°
Angulo ideal de salida		30°

Nota. MTC (2018).

Interpretación: Para las dimensiones de las rotondas, la DG 2018, nos indica las dimensiones de criterios para un diseño adecuado.

De acuerdo a los criterios de diseño se propone la rotonda para el tránsito actual con 297 vehículos.

Figura 25
Propuesta de rotonda teniendo en cuenta el tránsito actual



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Para esta propuesta ya se tuvo en cuenta los cambios que se realizaran en la intersección como un nuevo acceso de Norte a Este, debido que en la actualidad hay una baranda y para permitir el acceso debemos retirarla, a la vez se ha incorpora dos carriles que están obligados a ceder el paso.

Para la realización de esta simulación se tuvo en cuenta los criterios de seda el paso esto para dar preferencia a algunos carriles y la configuración fue la siguiente:

Tabla 30
Configuración del nodo dándole la geometría de la rotonda

Node #	1
Zone:	
X' East (m):	295506.0
Y' North (m):	7235613.6
Z' Elevation (m):	1919.0
Description	
Control Type	Roundabout
Max v/c Ratio:	0.08
Intersection Delay [s]:	
Intersection LOS:	
ICU:	0.21
ICU LOS:	A
Inside Radius (m):	8.0
Outside Radius (m):	15.0
Roundabout Lanes (#):	1
Circle Speed (km/h):	30
Inside Color:	Green
Transparent Circle:	

Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: El nivel de servicio de detallan con la rotonda.

Figura 26

Confirmación de las señalizaciones en la rotonda

SIGNING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	17	32	0	18	30	0	90	10	0	90	10
Sign Control	—	Free	—	—	Yield	—	—	Yield	—	—	Free	—
Max Exit Lanes	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—
Right Turn Channelized	—		None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Volume to Capacity Ratio	—	0.04	—	—	0.04	—	—	0.08	—	—	0.08	—

Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: En este caso estamos otorgando el paso a dos carriles principales.

En cuanto a la simulación podemos ver:

Figura 27

Simulación de la rotonda con el aforo actual de 297 vehículos



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Simulación del modelamiento.

Figura 28
Propuesta de rotonda teniendo en cuenta el transito futuro



Nota. Synrho (2024).

Interpretación: De acuerdo a los criterios de diseño se propone la rotonda para el tránsito futuro con 991 vehículos.

Tabla 31
Configuración del nodo con la geometría de la rotonda

Node #	1
Zone:	
X' East (m):	295506.0
Y' North (m):	7235613.6
Z' Elevation (m):	1919.0
Description	
Control Type	Roundabout
Max v/c Ratio:	0.08
Intersection Delay [s]:	
Intersection LOS:	
ICU:	0.21
ICU LOS:	A
Inside Radius (m):	8.0
Outside Radius (m):	15.0
Roundabout Lanes (#):	1
Circle Speed (km/h):	30
Inside Color:	Green
Transparent Circle:	

Nota. Synrho V8 (2024).

Interpretación: El nivel de servicio de detallan con la rotonda es de nivel A.

Figura 29
Configuración de las señalizaciones en la rotonda

SIGNING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	100	135	123	112	0	0	0	0	160	190	171
Sign Control	—	Yield	—	—	Yield	—	—	Yield	—	—	Free	—
Max Exit Lanes	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Volume to Capacity Ratio		0.28	—	—	0.18	—	—	0.00	—	—	0.50	—

Nota. Synrho V8 (2024).

Interpretación: En este caso estamos otorgando el paso a dos carriles principales.

En cuanto a la simulación podemos ver:

Figura 30
Simulación de la rotonda con el aforo a futuro de 991 vehículos



Nota. Synrho V8 (2024).

Interpretación: Simulación de la rotonda con tránsito futuro.

Contrastación aplicando la propuesta de semaforización

Para el diseño de las fases semafóricas se ha tenido en cuenta los datos proporcionados por el expediente: “Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad Urbana del Jr. Malecón Walker Soberón; (desde Emp.Pe 3N km 232+140 Puente Huallaga – Emp Pe – 3N km 228+920 Huancachupa), Calle Las Viñas – CCPP Potracancha, Distrito de Pillco Marca, Provincia de Huánuco – Departamento de Huánuco” – Etapa I: Puente Huallaga Pe – 3N km 232+140 – Puente Huancachupa Emp Pe – 3N 228+920 a la vez, la metodología empleada para el cálculo de los tiempos fue del Manual de Capacidad de la Carretera (HCM, 2010), esta metodología contiene varios pasos, pero como se contó con la información ya anteriormente investigada para el aforo, solo se proceda a calcular los intervalos de luces; ámbar y rojo:

Intervalo de cambio de fase = Ámbar y Todo Rojo:

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{w + L}{v} \right)$$

Donde:

y = intervalo de cambio de fase, ámbar más todo rojo.

t = tiempo de percepción - reacción del conductor (se emplea 1 s) v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de aceleración (se emplea 3.05 m/s²) w = ancho de la intersección

L = longitud del vehículo

Para la intersección de estudio, Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón se tomó los siguientes datos:

t = 1 segundo

v = 40 km/hora = 11.11m/s

a = 3.05 m/s²

w = 7.20 m

L = 13.20 m

En nuestra intersección de estudio debido a su geometría y sentido van a existir dos fases, la primera fase será la del sentido de Norte hacia el Sur, donde, y será:

$$y_1 = \left(1 + \frac{11.11 \frac{m}{s}}{2(3.05 \frac{m}{s^2})} \right) + \left(\frac{7.20 + 13.20}{11.11 \frac{m}{s}} \right)$$

$y_{1=3+2}$

Por tanto:

$y_1 = 5$ segundos
 $A_1 = 3$ segundos
 $TR_1 = 2$ segundos

De la misma manera para la segunda fase que será del sentido de Este a Oeste se empleara la misma fórmula y los mismos datos debido a que van a tener la misma configuración.

Por tanto, el intervalo de cambio de fase, ámbar más todo rojo será:

$Y_2 = 5$ segundos
 $A_2 = 3$ segundos
 $TR_2 = 2$ segundos

Cálculo del tiempo perdido por fase:

$$I_1 = y_1 = A_1 + TR_1 = 3 + 2 = 5 \text{ segundos}$$

$$I_2 = y_2 = A_2 + TR_2 = 3 + 2 = 5 \text{ segundos}$$

Cálculo del tiempo perdido por ciclo:

$$L = A_1 + TR_1 + A_2 + TR_2 = 5 + 5 = 10 \text{ segundos}$$

Máximas relaciones de flujo actual (q) a flujo de saturación por carril:

$$y_t = \left(\frac{q_{imás}}{s} \right)$$

Donde:

$$Y_1 = 0.34$$

$$Y_2 = 0.31$$

Longitud del ciclo

Para la longitud del ciclo se empleará la siguiente fórmula:

$$C_o = \left(\frac{1.5(L) + 5}{1 - \sum y_i} \right)$$

Donde:

C_o = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento de la fase i

$$C_o = \left(\frac{1.5(10) + 5}{1 - 0.34 - 0.31} \right)$$

$C_o = 57.14$ segundos, longitud de ciclo a utilizar será: $C_o = 60$ segundos

Calculo para el tiempo de verde efectivo total (gT)

$$gT = C_o - L = 60 - 10 = 50 \text{ segundos}$$

Reparto de tiempos verde efectivos (g_i)

$$g_1 = \left(\frac{Y_1(gT)}{Y_1 + Y_2} \right)$$

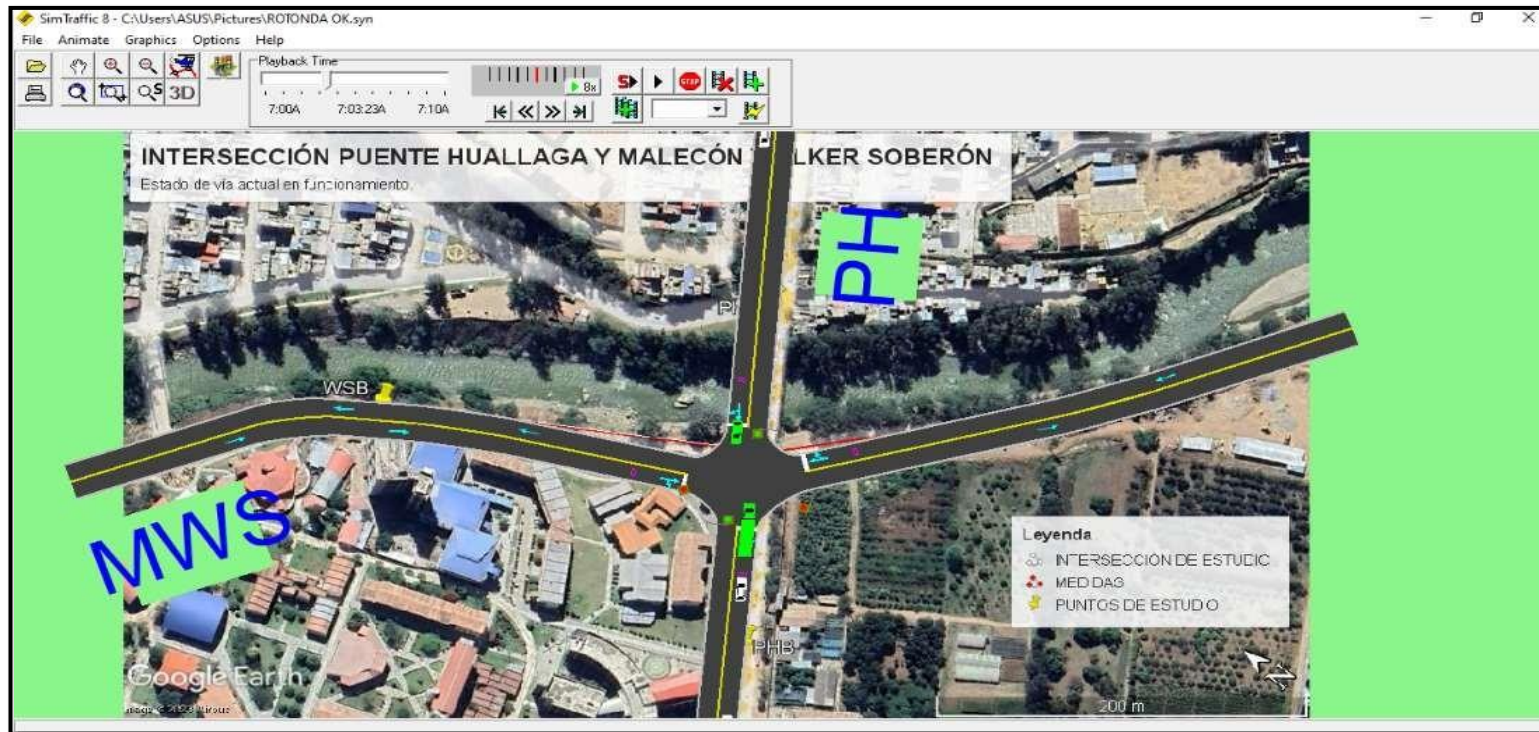
$$g_1 = \left(\frac{0.34(50)}{0.34 + 0.31} \right) = 26 \text{ segundos}$$

$$g_2 = \left(\frac{Y_2(gT)}{Y_1 + Y_2} \right)$$

$$g_2 = \left(\frac{0.31(50)}{0.34 + 0.31} \right) = 24 \text{ segundos}$$

Figura 31

Aplicación de las fases semafóricas en el estado actual en Synchro V8

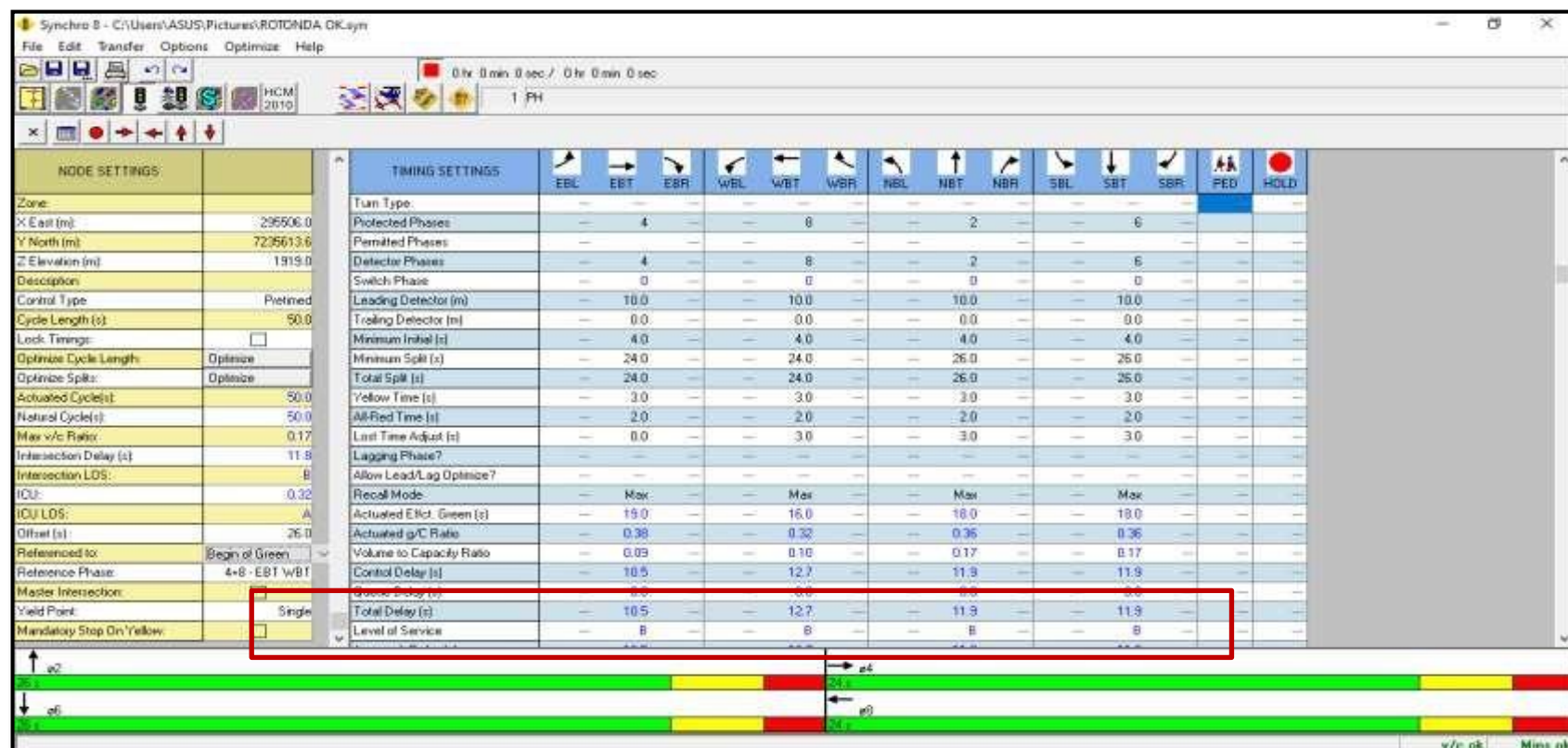


Nota: Synchro V8 (2024).

Interpretación: Entonces aplicamos el ciclo semafórico calculado a nuestro modelamiento en el software Synchro, en esta ocasión se tuvo en cuenta el tránsito actual de 297 vehículos/día.

Figura 32

Configuración que se realizó en el nodo y en las fases semafóricas a partir de los cálculos realizados



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Nivel de servicio de la intersección según Synchro, nivel B.

Figura 33

Simulación de la propuesta de semaforización a partir del tránsito actual de 297 vehículos



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Simulación de la semaforización, en Synchro.

Análisis: Aplicamos la semaforización en nuestro modelamiento en el software Synchro, en esta ocasión se tuvo en cuenta el tránsito futuro de 991 vehículos/día.

Figura 34

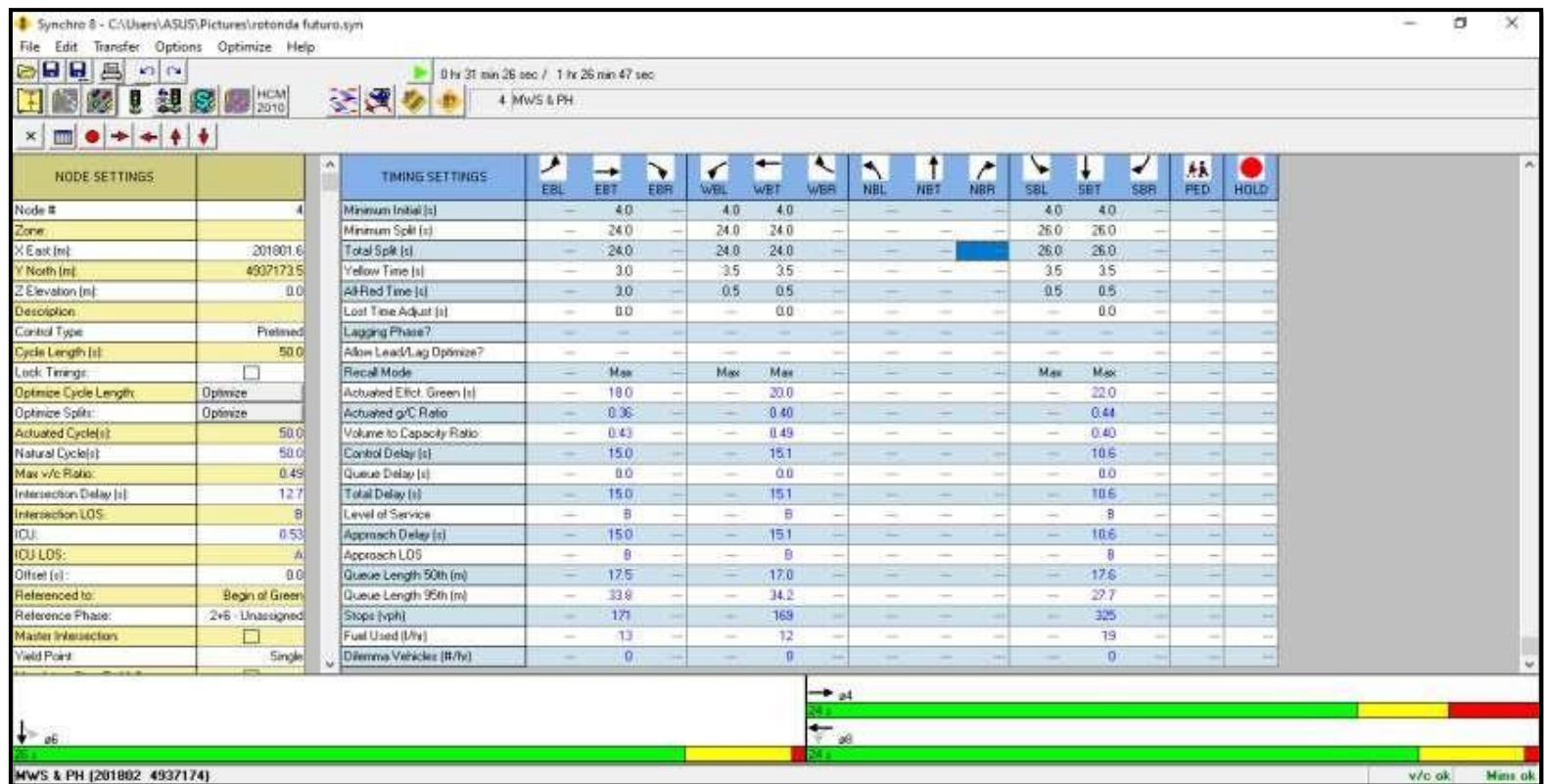
Aplicación de las fases semafóricas para el tránsito a futuro Synchro V8



Nota. Synchro V8 (2024).

Figura 35

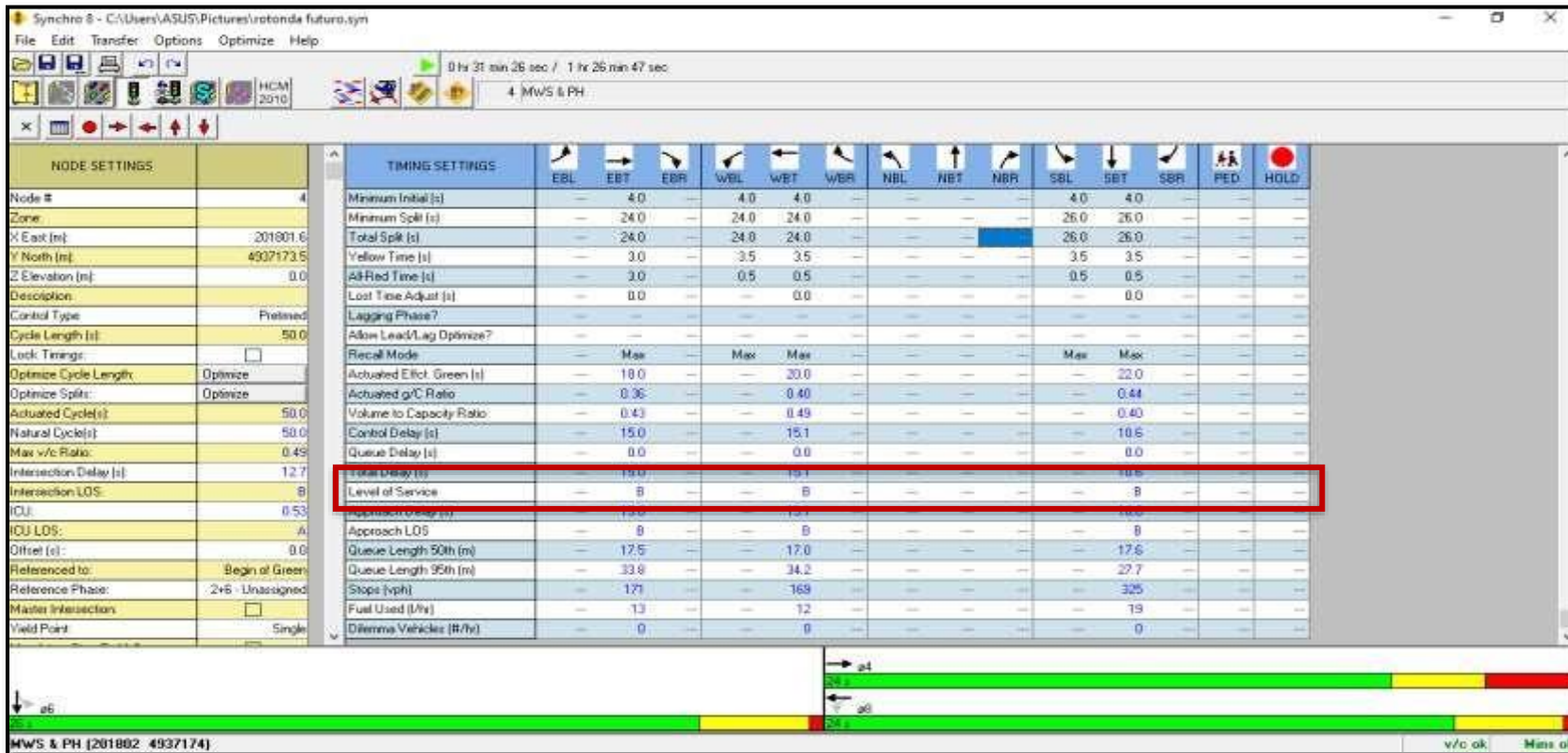
Configuración que se realizó en el nodo y en las fases semafóricas a partir de los cálculos realizados



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Configuración del nodo de la intersección.

Figura 36
Clasificación del nivel de servicio, según Synchro V8



Nota. Syncrho V8 (2024).

Interpretación: Clasificación de nivel de servicio a B.

Figura 37

Simulación de la propuesta de semaforización a partir del tránsito actual de 991 vehículos



Nota. Synchro V8 (2024).

Interpretación: Simulación de la semaforización, en Synchro.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

Durante la realización de la presente tesis, se realizaron dos propuestas, la primera incluye la creación de una rotonda y la segunda la implementación de semáforos en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, ambas propuestas demostraron ser beneficiosas, debido a que tanto la mini rotonda como la semaforización mantienen un nivel de servicio B, esto también ha considerado la proyección a futuro del crecimiento vehicular y en ambos casos la intersección seguirá manteniéndose un nivel B, lo cual significa que las ambas propuestas son adecuadas y viables, además que si mejoran la transitabilidad vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón a corto y largo plazo.

González y Holguin (2020), concluyen que el ajuste semafórico propuesto en su investigación de la mano con la restricción de vehículos pesados, disminuyó el tiempo de demoras a 24.51 seg/veh, donde se mejoró un 19.85%, lo mismo sucede con la intersección de estudio, de acuerdo a lo que se va proyectar y de acuerdo al vehículo de diseño se restringirá el acceso de vehículos pesado al Malecón Walker Soberón y solo circularán por el puente Huallaga hasta llegar a la carretera central, lo cual permitió una optimización en las fases semafóricas y en la geometría de la mini rotonda.

Según Lozano (2019), concluye que desde el análisis que realiza su vía de estudio según las recomendaciones dictadas por el Highway Capacity Manual, el nivel de servicio que estudia es de categoría C, que se caracteriza por tener un flujo estable y el movimiento de los usuarios se ven afectados por la intersección, de la misma manera el nivel del servicio actual para 297 vehículos de la vía es de nivel C, pero con las propuestas realizadas se ha logrado mejorar ese servicio a un nivel B, además que se mantienen el nivel B hasta un tránsito futuro de 991 vehículos.

Según Saavedra y Urrelo (2021), concluyen que los parámetros en los que se basó su diseño para una rotonda fue una velocidad de máxima de 40 km/h, con ángulos de 60° y 30° y un ancho de carril mayor de 4.80 m para un mejor desplazamiento vehicular esto porque es considerada una autopista de

primera clase, en el caso de la presente investigación la velocidad máxima también es de 40 km/h y los ángulos de diseño son de 30° y 60°, pero el ancho de carril es de 3.60 m esto debido a que es una carretera de segunda clase.

Según Cabello (2019), después de realizar su aforo concluye que los vehículos predominantes en la ciudad de Huánuco son los autos y el bajaj en cuanto a los vehículos livianos y en cuando a los vehículos pesados predomina el camino C2 y ómnibus B3-1, en esta parte coinciden con el aforo que se ha manejado para realizar este proyecto de investigación, ya que, la nueva intersección en la parte del Malecón Walker Soberón solo permitirá el acceso de vehículos livianos y un ómnibus B4 y los camiones C2 deberán circular por el Puente Huallaga en dirección a la carretera central.

CONCLUSIONES

Después de estudiar la situación actual y a futuro de la intersección en el Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón se realizó dos propuestas de diseño, una donde se implementa una rotonda que comprende un diseño geométrico y la segunda propuesta que plantea una semaforización, ambas propuestas buscan la optimización el congestionamiento vehicular, para dar solución al desorden actual, en la realización de estas propuestas se evaluó varios criterios de análisis.

Se evaluó la congestión vehicular y su respectivo volumen en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, para ello se realizó un aforo vehicular, de donde se obtuvo datos reales y se realizó las respectivas correcciones estacionales, además de también realizarse una estimación a futuro sobre la proyección del tránsito, todo esto para un adecuado modelamiento vehicular en el software Synchro, donde se optimizó el servicio actual a través de diseño geométrico e implementación de semáforos.

La presente investigación se centró en el control de las colas de tránsito en la intersección, para ellos se presentó una propuesta de diseño geométrico de una rotonda y de una propuesta de semaforización, estas dos propuestas presentaron las siguientes variables: los niveles de servicio de acuerdo a los ejes de giro y de acuerdo a las fases semafóricas para mejorar el congestionamiento vehicular, otra variable que se presentó fue el modelamiento de ambas propuestas, ya que ambas son totalmente diferentes pero son muy viables y además que considerando el crecimiento y configuración a futura el proyecto se sigue manteniendo en un nivel de servicio B en caso de la semaforización y en caso de la rotonda sigue manteniendo un nivel de servicio A.

Los principales obstáculos que se encontraron y que limitaron el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro V8 fue la geometría de la intersección debido a que el puente es netamente recto impide un giro apropiado en los que en algunos vehículos como camiones y autobuses, por tanto, se movió el diseño de la rotonda para poder cumplir con las normativas dictadas por la DG – 2018, otro obstáculo hallado fue que en la

actualidad hay un proyecto ejecutándose que va cambiar la configuración de la intersección, entonces se tuvieron que hacer dos modelamientos, uno que comprende el comportamiento actual y otro que comprende la configuración a futuro de la rotonda además de que también considerar los aforos actual y futuro, otro obstáculo hallado en la baranda actual que existe para el paseo peatonal, esta baranda deberá ser removida y reasignado con un cruce peatonal de acuerdo a la configuración semafórica.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar este tipo de evaluaciones y propuestas en softwares, ya que nos permiten confirmar las propuestas o posibles soluciones al congestionamiento vehicular, además que de acuerdo a estos primeros resultados que obtenemos podemos realizar modificaciones respectivas y de esta manera ir obteniendo mejores resultados, el software Synrho es muy completo, además que existen versiones mucho más modernas que nos ayudan con el modelamiento de una manera más eficiente y completa.

Se recomienda darles la seriedad e importancia necesaria a los aforos vehiculares, ya que a partir de ahí se obtiene la información para los diseños respectivos en una vía, por tanto, es muy importante estar atenta a la clasificación de vehículos, tipos de vehículos y volúmenes que surgen a partir de los aforos respectivos.

Se recomienda tener presente las variables que pueden surgir dentro de la propuesta de diseño geométrico como la rotonda y semaforización, que puede ser la geometría misma, ejes de giro, ciclos o fases, el resultado de las propuestas y el estado actual de la vía, los niveles de servicio y al respectiva comparativa, ya que, pueden ser muy limitantes.

Se recomienda que se pueda tener las medidas y dimensiones reales de las vías o intersecciones, esto porque no se cuenta con base de datos sobre las propiedades del Estado y muchas veces esto obstaculiza o limita las propuestas de diseño, ya que no se tienen el conocimiento necesario para ver si el área de la propuesta satisface o no las normativas vigentes, además de que se debe conocer la disponibilidad de terreno para poder realizar futuras ampliaciones e ideas de proyectos, esto con la finalidad de agilizar los futuros proyectos de ampliación o futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, E., y Grande Esteban, I. (2005). *Análisis de encuestas* (E. Abascal, Trans.). ESIC Editorial.
https://www.google.com.pe/books/edition/An%C3%A1lisis_de_encuestas/qFczOOiwRSgC?hl=es&gbpv=1&dq=muestreo+no+probabilistico&pg=PA69&printsec=frontcover
- Arias Granados, R. M. (2012). *Determinación De Los Parámetros De Tránsito Del Corredor Vial De La Autopista Desde Cañaverall Hasta El Puente De Provenza Ut*. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana.
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2202/digital_24015.pdf?sequence=1
- Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional. (2025). *Efectos de la congestión vehicular en Lima y Callao*. <https://afin.org.pe>.
- Balcázar, G., y Arturo, J. (2015, junio 3). *Rediseño del óvalo de Naranjal*. Tesis PUCP.
- Bayona, B., y Marquéz, T. (2015). *La congestión vehicular en la ciudad de Piura*. Universidad Nacional de Piura.
<https://unp.edu.pe/libros/librolacongestionvehicular.pdf>
- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.
https://www.google.com.pe/books/edition/Metodologia_de_la_investigaci_n/h4X_eFai59oC?hl=es&gbpv=1&dq=nivel+descriptivo+de+la+investigaci%C3%B3n&pg=PA113&printsec=frontcover
- Cabello, M. M. (2019). *Evaluación del tránsito vehicular de la intersección A Nivel tipo T en el Óvalo de Cayhuayna - 2018*.
<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1832;jsessionid=2A8364F2DFD580320DD1E16FA661AF3E>
- Cámara de Comercio de Lima. (2025). *Impacto económico de la congestión vehicular en Lima*. <https://www.camaralima.org.pe>.
- Castro, L. F., y Mendoza, B. E. (2021, noviembre). *Evaluación y propuesta de un nuevo diseño de las rotondas de la variante internacional lado Perú del eje vial N°1 carretera Panamericana Piura – Guayaquil en la*

provincia de Zarumilla. Pirhua.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5267>

- Cervantes, E. (2018). *Ficha de términos | Terminología PIARC transitabilidad*. PIARC. <https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/93788-es-transitabilidad>
- Consejo Nacional de Investigación y Junta de Investigación del Transporte. (2010). *Manual de Capacidad de la Carretera (HCM)*. Junta de Investigación de Transporte. https://www.google.com.pe/books/edition/Highway_Capacity_Manual_2010/zG1MwEACAAJ?hl=es-419
- Consejo Nacional de Investigación y Junta de Investigación del Transporte. (2010). *Manual de Capacidad de la Carretera (HCM)*. Junta de Investigación de Transporte. https://www.google.com.pe/books/edition/Highway_Capacity_Manual_2010/zG1MwEACAAJ?hl=es-419
- Cooperativa Nacional de Carreteras: Programa de Investigación (NCHRP). (2010). *Rotondas: Una guía Informativa* (Segunda Edición ed.). Academia Nacional de Ciencias. <https://nacto.org/docs/usdg/nchrprpt672.pdf>
- Departamento de Seguridad Vial y Vehículos Motorizados de Florida-FLHSMV. (2023). *Manual Oficial para Licencias de Conducir de Florida*. https://www.google.com.pe/books/edition/Manual_Oficial_Para_Licencias_De_Conduci/0RxnDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=rotondas&pg=PA31&printsec=frontcover
- Díaz, M. D. C., Díaz, J. F., Ferreiro Prieto, J. I., Pérez Carrión, M. T., Serrano Cardona, M. G., Tomás, R., y Sentana Cremades, E. (2002). *Influencia de la Geometría en la Determinación de los Puntos de Conflicto en una Intersección de Viales*. Ingegraf, 1-10. <http://hdl.handle.net/10045/21686>
- Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones Huánuco. (2022). *Sub D. de infraestructura vial y mantenimiento de vías departamentales – DRTCHCO*. Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones Huánuco. <https://www.drтчco.gob.pe/sub-d-infraestructura-vial-y-manetenimiento-de-vias-departamentales/>

- Flobu, M. (2018). *Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana*.
https://www.academia.edu/11131678/Manual_diseno_infraestructura_peatonal_urbana?utm_source=
- Garber, J., y Hoel, A. (2015). *Traffic and Highway Engineering* (5th ed.). Cengage Learning. https://www.cengage.com/c/traffic-and-highway-engineering-5e-garber/9781133605157PF/?utm_source=chatgpt.com
- Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica* (1st ed.). Brujas. https://www.google.com.pe/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_metodolog%C3%ADa_de_la_in/9UDXPe4U7aMC?hl=es&gbpv=1&dq=enfoque+cuantitativo+y+cualitativo&pg=PA59&printsec=frontcover
- González, P. P., y Holguín, K. (2020, Julio 27). *Evaluación del comportamiento vehicular del estudio de factibilidad del proyecto: Construcción del Puente Santa Rosa, acceso, rotonda y paso a desnivel, región Callao, empleando la microsimulación de Vissim*. RepositorioUPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652511/Gonz%C3%A1lez_RP.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- González, R. (2023). *¿Qué son las rotondas? Un ingeniero de transporte explica los beneficios de seguridad de estas intersecciones circulares*. <https://rogeliogonzalez.mx/actualidad/que-son-las-rotondas-un-ingeniero-de-transporte-explica-los-beneficios-de-seguridad-de-estas-intersecciones-circulares>
- Goñi, J. J. (2018). *100 propuestas para la posglobalización: economía, nuevos tiempos, nuevos conceptos*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. https://www.google.com.pe/books/edition/100_Propuestas_para_la_posglobalizaci%C3%B3n/SrbADwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=rotondas&pg=PA119&printsec=frontcover
- Herce, M. (2005, mayo). *Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización*. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3375>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill.
- Baños, A. (2022, agosto 5). *Conoce todo sobre los semáforos. Partes*, Instituto Mexicano del Transporte. (1992, Setiembre 6). *Resumen boletines*.

- Resumen boletines - Instituto Mexicano del Transporte.
<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=170&IdBoletin=56>
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). *NTP 399.611:2003 - Adoquines de concreto para pavimentos*. Requisitos. <https://pdfcoffee.com/ntp-399611-2015-5-pdf-free.html>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2008). *Censos 2007 - XI Población - VI Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/flujo-vehicular/1/#lista>
- Jara, K. (2024). *Análisis de la congestión vehicular en la Avenida Universitaria Cayhuayna-Pillcomarca y simulación del funcionamiento de las vías alternas para optimizar el nivel de servicio-2022* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco].
<https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4995>
- Khisty, J., y Lall, K. (2003). *Transportation Engineering: An Introduction*. Prentice Hall. <https://dokumen.pub/transportation-engineering-an-introduction-3nbsped-9789332569706-9789332587649.html>
- Lara, J. G. (2019, septiembre 24). *Detectan 33 puntos críticos de congestión vehicular por cierre en Carretera Central*. El Comercio Perú.
<https://elcomercio.pe/lima/obras/detectan-33-puntos-criticos-congestion-vehicular-cierre-carretera-central-linea-2-metro-lima-noticia-ecpm-679307-noticia/?ref=ecr>
- Leal, N., Leal, E., y Branch, J. W. (2010, julio 8). *Sistemas de monitoreo de tránsito vehicular basados en técnicas de segmentación de imágenes*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133117498010>
- Loarte, T. (2022, noviembre 20). *Caos en calles de Huánuco por congestión vehicular*. Diario Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/huanuco/caos-en-calles-de-huanuco-por-congestion-vehicular-noticia/?ref=dcr>
- Lozano, L. C. (2019). *Evaluación de rotondas y propuestas de diseño en caso de la autopista Azogues - Cuenca*. Repositorio Universidad Católica de

Cuenca.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12390/1/Trabajo%20de%20Titulacion%20Cristina%20Lozano.pdf>

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. https://cauchosvikingo.com/wp-content/uploads/2017/07/Manual_NEVI-12_VOLUMEN_1-Procedimientos-para-proyectos-viales.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2021, Julio 15). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Sistema de Control de Licencias de Conducir por Puntos y establece otras disposiciones- DECRETO SUPREMO-Nº 025-2021-MTC*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Oficina General de Planificación y Presupuesto. (2005). *Plan Intermodal de Transportes*. BVS Minsa. https://www.google.com.pe/books/edition/Plan_intermodal_de_transportes/RyHWNAEACAAJ?hl=es

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2009). *Decreto Supremo N° 016-2009-MTC: Reglamento Nacional de Tránsito*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2340148-1>.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG 2018*. <https://limacap.org/normas-tecnicas-sector-transportes/>.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). *Anuario Estadístico 2022*. Oficina General de Planeamiento y Presupuesto. <https://es.scribd.com/document/657138498/Anuario-Estadistico-2022>.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2024). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Resolución Directoral N° 26-2024-MTC/18. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2340148-1>.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2025). *Informe sobre congestión vehicular en Lima y Callao*. <https://www.mtc.gob.pe>.
- Mogollón, J. I. (2021). *Propuesta de mejora del diseño geométrico de la rotonda ubicada en la intersección, Sullana – Piura - Tambogrande 2021*. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/78032>
- obediencia y clases. Tuteorica. <https://tuteorica.com/material-complementario/conoce-todo-sobre-los-semaforos/>
- Ordoñez, K. (2023). *Propuesta de solución al congestionamiento vehicular en el cruce del jr. leoncio prado y jr. ayacucho aplicando microsimulación en el software Vissim, Huánuco – Huánuco – 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4863?show=full>
- Papacostas, S., y Prevedouros, D. (2001). *Transportation Engineering and Planning* (3rd ed.). Prentice Hall. https://www.iamcivilengineer.com/transportation-engineering-and-planning-3rd-edition-by-c-c-papacostas-p-d-prevedouros-free-pdf/?utm_source=chatgpt.com
- Peña, L. C., y Serpa, M. J. (2023, febrero 24). *Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento de los intercambiadores de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues*. Repositorio Universidad Católica de Cuenca. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13689>
- Pinos Mata, V. (2019). *Diseño de intersecciones en vías urbanas*. Dspace de la Universidad del Azuay. Retrieved August 2. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5901/1/12221.pdf>
- RACE. (2020, septiembre 3). Tipos de semáforos y qué significa cada uno. RACE. <https://www.race.es/tipos-semaforos>
- Rasinger, S. M. (2020). *La investigación cuantitativa en lingüística: Una introducción* (Vol. 1). Akal. https://www.google.com.pe/books/edition/La_investigaci%C3%B3n_cuantitativa_en_ling%C3%BC/0h4EEAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=investigaci%C3%B3n+cuantitativa&printsec=frontcover
- Reyes, L. (2024). *Semaforización Vial*. Scribd.

<https://es.scribd.com/document/377602508/Semaforizacion-Vial>

- Reyes, R., Cárdenas, J., y Mayor, C. (2018). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega Colombiana. https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa_de_Tr%C3%A1nsito/9H14EAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=volumen+horario+de+maxima+demandas&pg=PA192&printsec=frontcover
- Reyna, B. (2023, May 22). *Lima es la ciudad con más congestión vehicular en América Latina*. El Comercio Perú. <https://elcomercio.pe/lima/lima-es-la-ciudad-con-mas-congestion-vehicular-en-america-latina-ultimas-noticia/?ref=ecr>
- Rodríguez, G., De la Concepción, J., y Salomón, L. A. (2005). *Carreteras*. <https://www.google.com.pe/books/edition/Carreteras/h-F1o3FkfyEC?hl=es&gbpv=1&dq=volumen+horario+de+maxima+demandas&pg=PA62&printsec=frontcover>
- Romero, L. d. C. (2005). *Metodología de la investigación en Ciencias Sociales*. Univ. J. Autónoma de Tabasco. [google.com.pe/books/edition/Metodología_de_la_investigación_en_Ciencias Sociales/aX5ivjV-IC4C?hl=es&gbpv=1&dq=nivel+descriptivo+de+la+investigación&pg=PA82&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Metodología_de_la_investigación_en_Ciencias Sociales/aX5ivjV-IC4C?hl=es&gbpv=1&dq=nivel+descriptivo+de+la+investigación&pg=PA82&printsec=frontcover)
- Saavedra, F. D., y Urrelo, M. (2021). *Diseño geométrico de una rotonda en jirón vía de evitamiento cuadra 26, para mejorar la circulación de vehículos, Banda de Shilcayo 2021*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87333/Saavedra_TFD-Urrelo_RM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2018). *Manual de Auditorías de Seguridad Vial* (1ra ed.). <http://dicyg.fic.unam.mx:8080/oemj/licenciatura-en-ingenieria-civil/curso-de-ingenieria-de-transito/informacion-de-apoyo/ManualAuditSegurVial2018%20DGST-SCT.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, y Western Governor's Association. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas* (1st ed.). Instituto Nacional de Ecología.

https://www.google.com.pe/books/edition/Gu%C3%ADa_metodol%C3%B3gica_para_la_estimaci%C3%B3n/8B9ldJhkvjoC?hl=es&gbpv=1&dq=aforo+vehicular&pg=PA41&printsec=frontcover

Superintendencia Nacimiento de los Registros Públicos (Sunarp). (2020, enero 8). *SUNARP - Sunarp: número de autos que circulan en el país acumula una década de crecimiento continuo*. Superintendencia Nacional de los Registros Públicos. <https://www.sunarp.gob.pe/PRENSA/inicio/post/2020/01/08/sunarp-numero-de-autos-que-circulan-en-el-pais-acumula-una-decada-de-crecimiento-continuo>

Surichaqui Gutiérrez, M. (2018). *Capacidad vehicular y nivel de servicio del parque ovalo Huancavelica, con la metodología del HCM 2010 (NCHRP), en el distrito del Tambo, Huancayo, Junín – 2018*. Repositorio UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5431>

Thomson, I., y Bull, A. (2001, junio). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Repositorio CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/1/S01060513_es.pdf

Tolley, E. E. (2006). *Investigación aplicada en salud pública. Métodos cualitativos*. Organización Panamericana de la Salud. https://www.google.com.pe/books/edition/Investigaci%C3%B3n_aplicada_en_salud_p%C3%BAblica/2N7zCEl2BbAC?hl=es&gbpv=1&dq=investigacion+aplicada&pg=PA5&printsec=frontco

Valdés G., A., De la Rica, S., Gullón, M., y Azcoiti, J. (2008). *Ingeniería de tráfico* (Bellisco ed.). Bellisco. https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa_de_tr%C3%A1fico/JnqOQwAACAAJ?hl=es-419

Verde, A. (2023). *Propuesta de solución al congestionamiento vehicular en el acceso del puente Daniel Alomía Robles de las cuadras 1,2 y 3 del jr. León de Huánuco, 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4898>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Blas Villadeza, Y. (2025). Propuesta de diseño con Synchro para mejorar la

congestión vehicular en la intersección puente Huallaga y malecón Walker Soberón, Huánuco 2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH.

ANEXOS

ANEXO 1

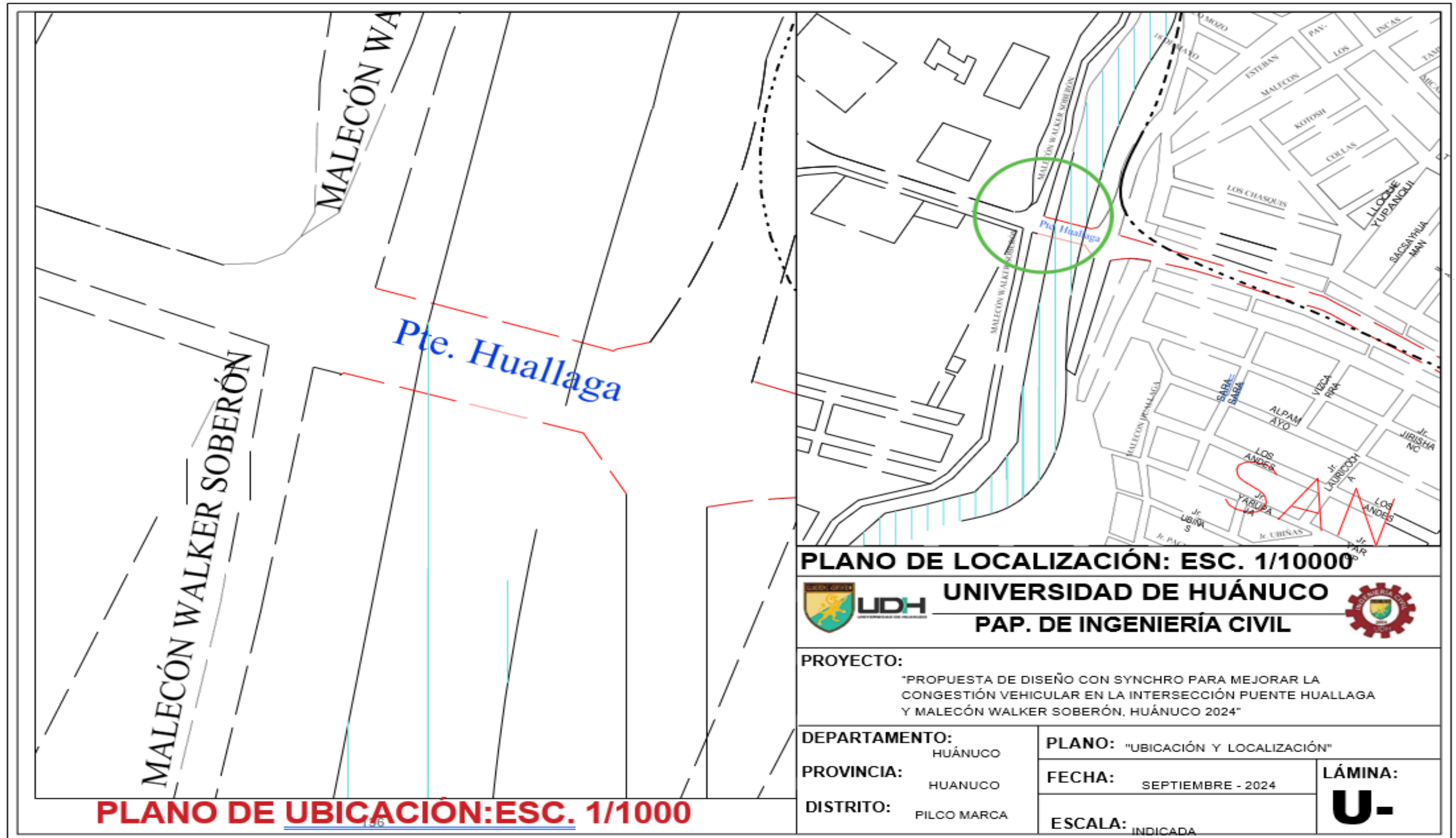
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“PROPUESTA DE DISEÑO CON SYNCHRO PARA MEJORAR LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN PUENTE HUALLAGA Y MALECÓN WALKER SOBERÓN, HUÁNUCO 2024”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización de las variables				Metodología
			Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala	
General: PG: ¿De qué manera la propuesta de diseño con el software Synchro mejora la congestión vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024?	General: OG: Presentar una propuesta de diseño en el software Synchro para la mejora de la congestión vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.	General: HG: La propuesta de diseño que se presenta en el software Synchro influye significativamente en la mejora de la congestión vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.	Variable independiente:	Criterios de diseño	Dimensiones.	La escala empleada es continua	Enfoque: Enfoque cuantitativo.
			Propuesta de diseño en el software Synchro		Giros de vehículos. Longitud de cola. Paradas.		
Específicos PE1: ¿Cuánto volumen de congestión vehicular se genera en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, para la propuesta de diseño en el software Synchro,	Específicos OE1: Evaluar el volumen de congestión vehicular en horas punta en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, para la propuesta de diseño en el software Synchro, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.	Específicos HE1: Los volúmenes de congestión vehicular en horas punta en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, influirá	Variable dependiente:	Aforo vehicular	Número de vehículos	La escala empleada es continua	Diseño de investigación: No experimental.
			Congestión vehicular		Horas punta, Tipos de vehículos.		
							Técnica de investigación: Observación directa.

en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024? PE2: ¿Qué variables se deben tener en cuenta para la evaluación y propuesta de diseño Synchro, en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón para la mejora del congestionamiento vehicular, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024? PE3: ¿Cuáles serán los principales obstáculos que limitan el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro, para la mejora del congestionamiento vehicular en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el	OE2: Determinar las variables necesarias para realizar la propuesta de diseño en el software Synchro, en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón que permita mejorar el congestionamiento vehicular, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024. OE3: Identificar los principales obstáculos que nos limitarán el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro, para la mejora del congestionamiento vehicular en la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024.	significativamente en la propuesta de diseño en el software Synchro, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024. HE2: Las variables encontradas para la propuesta de diseño en el software Synchro, nos permitirá mejorar el congestionamiento vehicular en la intersección Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón, en el distrito de Pillco Marca, Huánuco 2024. HE3: Los obstáculos encontrados influyen significativamente en el desarrollo de la propuesta de diseño en el software Synchro,	Instrumento: Fichas de conteo vehicular. Población: La población está conformada por los vehículos que circulan por la intersección del Puente Huallaga y Malecón Walker Soberón durante todo el año. Muestra: La muestra seleccionada será no probabilística que será el aforo vehicular del día
---	---	---	---

ANEXO 2
Plano de ubicación: Esc. 1/100



ANEXO 3

PANEL FOTOGRAFICO



Realizando las mediciones respectivas de la vía.



Tomando apuntes respectivos sobre las mediciones de ancho de vía



Realizando el conteo correspondiente del tipo de vehículo que circulan por la vía en la hora punta que es a las 7:00 – 8:00 am.



Se continúa realizando el conteo vehicular del tipo de vehículo que circulan por la vía a las 12.30 - 1.00 pm.