



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGÍA DETERMINÍSTICA DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y LA METODOLOGÍA DE LA MICRO SIMULACIÓN PARA EL CALCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y CONGESTIÓN VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO ÓVALOS LIBERTADORES Y MARTIN CHAMBI DE LA CIUDAD DEL CUSCO”.

Presentado por los bachilleres:

Tairo Peralta, Susan Mercedes

Farfán Huamán, Marco Antonio

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos

CUSCO – PERÚ

2019



Dedicatoria

Dedico la presente investigación a mis padres, hermanos y amigos, que fueron el soporte de todos estos años para lograr nuestra ansiada carrera y adquisición de nuevos conocimientos de la ingeniería.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por su soporte, paciencia y experiencia transmitida.



Agradecimientos

A nuestros dictaminantes, asesor y docentes que nos dieron referencias para desarrollar el trabajo de tesis y aportaron al desarrollo de investigación en materia de ingeniería de transportes y tráfico, siendo este un problema latente a diario en nuestra sociedad.



Resumen

La investigación denominada “**Análisis comparativo entre metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010 y la metodología de la micro simulación para el cálculo de los niveles de servicio y congestión vial en el caso de estudio óvalos Libertadores y Martín Chambi de la ciudad del Cusco**”. La cual emplea dos metodologías para los respectivos cálculos, en los óvalos Martín Chambi y Libertadores.

Estas dos metodologías presentan diferentes aplicaciones puesto que el determinístico usa fórmulas matemáticas y el micro simulado se basa en el seguimiento vehicular, lo cual da razón a la diferencia de capacidades y demoras.

Hemos empleado la metodología de tipo determinística, describiendo un método basado en el manual de capacidad vial norteamericano HCM 2010, el cual presenta lineamientos para el análisis de la capacidad en los óvalos mencionados. Este análisis constituye una serie de fórmulas para la determinación de la capacidad, nivel de servicio y demoras. Esto nos permite tener un análisis cuantitativo exacto de las condiciones actuales que se viene dando en los óvalos de estudio. El segundo análisis, fue un método de seguimiento vehicular, basado en una micro simulación a detalle de la geometría y de la demanda vehicular en los óvalos. A partir de ello se obtiene la capacidad, demoras, nivel de servicio lo cual nos permite dar solución a los problemas anteriormente expuesto.

Finalmente, con las dos metodologías se determinó el nivel de servicio, en este estudio se obtuvo “nivel F” quedando, así como resultados que las condiciones geométricas influyen en el desarrollo del cálculo pues el HCM 2010 usa fórmulas para condiciones geometrías ideales, las cuales no son compatibles con los óvalos de estudio, en cambio en el micro simulado por ser de seguimiento vehicular se observa el comportamiento de estos respecto a la realidad.

Concluimos esta investigación con una propuesta de un paso a desnivel para lograr reducir los niveles de servicio en los óvalos OVALOS LIBERTADORES Y MARTIN CHAMBI logrando pasar de un nivel F a un nivel C y D.

Palabras claves: vial, capacidad, óvalos, niveles de servicio, trafico, vehículo, demora, transito.



Abstract

The research called "Comparative analysis between deterministic methodology of the HCM 2010 road capacity manual and the micro simulation methodology for the calculation of service levels and road congestion in the case of the study Ovalos Libertadores and Martín Chambi of the city of Cusco". Which uses two methodologies for the respective calculations, in the Martín Chambi and Libertadores ovals.

These two methodologies have different applications since the deterministic use's mathematical formulas and the micro simulated is based on vehicular monitoring, which gives reason to the difference in capacities and delays.

We have used the deterministic type methodology, describing a method based on the HCM 2010 North American Road Capacity Manual, which presents guidelines for the analysis of the capacity in the mentioned ovals. This analysis constitutes a series of formulas for the determination of capacity, service level and delays. This allows us to have an exact quantitative analysis of the current conditions that have been occurring in the study ovals. The second analysis was a vehicle tracking method, based on a detailed micro simulation of the geometry and the vehicle demand in the ovals. From this, we obtain the capacity, delays, level of service which allows us to solve the problems described above.

Finally, with the two methodologies the level of service was determined, in this study "level F" was obtained, as well as results that the geometric conditions influence the development of the calculation since the HCM 2010 uses formulas for ideal geometry conditions, which they are not compatible with the study ovals, however, in the micro simulated because they are vehicular tracking, their behavior with respect to reality is observed.

We conclude this investigation with a proposal of an overpass to reduce the levels of service in the ovals OVALOS LIBERTADORES AND MARTIN CHAMBI managing to move from a level F to a level C and D.

Keywords: road, capacity, ovals, service levels, traffic, vehicle, delay, traffic



Introducción

El tránsito y la congestión vehicular son los principales problemas urbanos que afectan a las sociedades, es por eso que hoy en día la planificación de componente vial es vital.

En la ciudad contamos con niveles ínfimos de planificación en vialidad, es por eso que logramos evidenciar que en las intersecciones existe un inadecuado nivel de servicio, ya que no se consideraron temas tan vitales como el aumento de vehículos en circulación a lo largo del tiempo.

En el presente proyecto de tesis se analizará la capacidad vial y nivel de servicio de los Óvalos Chambi y Libertadores en la ciudad del Cusco, desde que punto de vista del enfoque determinístico con la metodología del HCM 2010 y la de los modelos de seguimiento vehicular o micro simulación. Las formas caprichosas o detalle geométricos, así como la intensidad de cambio de carriles óvalos no se puede representar en un análisis determinístico en base a formula que detalla en HCM. Por otro lado, las herramientas de micro simulación nos permiten evaluar a detalle la interacción vehicular de manera más precisa, contando también con geometrías caprichosas con las que cuentan estas rotondas.

La presente investigación se desarrolló con el fin de proveer respuestas, soluciones que promuevan y guíen el planeamiento vial y resuelvan el tránsito.



Índice General

Dedicatoria..... II

Agradecimientos III

Resumen IV

Abstract V

Introducción VI

Capítulo I: Planteamiento del problema 14

1.1. Identificación del problema 14

1.1.1. Descripción del problema..... 14

1.2. Descripción del problema: 15

1.3. Justificación de la investigación: 18

1.3.1. Justificación técnica:..... 18

1.3.2. Justificación social 18

1.3.3. Justificación por viabilidad..... 18

1.3.4. Justificación por su relevancia 19

1.3.5. Limitaciones 19

1.4. Formulación del problema 20

1.4.1. Formulación interrogativa del problema general 20

1.4.2. Problemas específicos 20

1.5. Objetivos de la investigación 20

1.5.1. Objetivo general..... 20

1.5.2. Objetivos específicos 21

Capitulo II: Marco teórico de la tesis 22

1.6. Antecedentes de la tesis: 22

1.6.1. Antecedentes a nivel nacional: 22

1.6.2. Antecedentes a nivel local: 22



1.6.3. Antecedentes a nivel Internacional:23

1.7. Bases teóricas– científicas:24

1.7.1. Variables relacionadas con el flujo24

1.7.2. Cálculo de la capacidad.....25

1.7.2.1.Capacidad de intersecciones semaforizadas SEGÚN HCM 2010 25

1.7.3. Intersecciones a nivel y desnivel26

1.7.3.1.Intersección a desnivel 27

1.7.4. Intersecciones viales28

1.7.4.1.Tipos de intersecciones viales 28

1.7.4.2. Intersecciones a nivel..... 28

1.7.4.3. Criterios de diseño 28

1.7.4.4. Tipología de intersección a nivel 30

1.7.4.5. Intersección semaforizada 32

1.7.5. Intersecciones a desnivel35

1.7.6. Metodología del HCM35

1.7.6.1. Análisis operacional..... 35

1.7.6.2. Datos de entrada..... 36

1.7.7. Ajuste de la demanda.....37

1.7.7.1. Agrupamiento de carriles..... 37

1.7.7.2. Determinación de la tasa de flujo..... 38

1.7.8. Ajuste de la oferta.....39

1.7.8.1. Determinación de la tasa de flujo de saturación..... 39

1.7.9. Modelamiento y simulación PTV VISSIM41

1.7.9.1. Casos de aplicación de PTV VISSIM..... 41

1.8. Hipótesis:43

1.8.1. Hipótesis general:.....43

1.8.2. Sub Hipótesis:.....43



1.9. Variables e indicadores:44

1.9.1. Variables dependientes:44

1.9.2. Indicadores de variables dependientes:44

1.9.3. Variables independientes:.....44

1.9.4. Indicadores de variables independientes:.....44

1.10. Cuadro de operacionalización de variables:45

Capitulo III: Metodología..... 46

3.1. Metodología de la investigación:46

3.1.1. Tipo de investigación:.....46

3.1.2. Nivel de investigación:.....46

3.1.3. Método de investigación:46

3.2. Diseño de la investigación:46

3.2.1. Diseño metodológico:46

3.3. Población y muestra:.....46

3.3.1. Población:46

3.3.1.1.Descripción de la población:..... 46

3.3.1.2.Cuantificación de la población: 47

3.3.2. Muestra:47

3.3.2.1.Descripción de la muestra:..... 47

3.3.2.2.Cuantificación de la muestra: 47

3.3.2.3.Método de muestreo: 47

3.3.2.4.Criterios de evaluación de muestra: 47

3.3.3. Criterios de inclusión:48

3.4. Instrumentos:48

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos:48

3.4.1.1. Ficha de aforo vehicular 48

3.4.1.2. Ficha de aforo peatonal 50



3.4.1.3. Ficha de características geométricas.....	50
3.4.1.4. Ficha de características semafóricas de la vía.....	50
3.4.2. Instrumentos de ingeniería:	51
3.4.2.1. Cámara filmadora:	51
3.4.2.2. SYNCHRO 8 educacional:	51
3.4.2.3. Civil 3D educacional.....	52
3.5. Procedimientos de recolección de datos:	53
3.5.1. Codificación de movimientos vehiculares.....	53
3.5.2. Codificación de movimientos peatonales	53
3.5.3. Identificación de puntos de aforo	53
3.5.4. Registro fílmico	53
3.5.5. Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales	54
3.5.6. Recolección de las características geométricas de la vía.....	54
3.6. Procedimiento y análisis de datos:	55
3.6.1. Recolección de características semafóricas.....	61
Capitulo IV: Resultados	63
Capítulo V: Discusión.....	74
Glosario	76
Conclusiones	78
Recomendaciones	80
Referencias.....	81
Anexos.....	82
Planos.....	115



Índice de Tablas

Tabla 1: Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación _____ 26

Tabla 2: Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-2) ____ 36

Tabla 3: Relación entre el tipo de llegada y la relación de pelotón (TRB, 2000, p. 16-20) _____ 37

*Tabla 4: Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-7)*__ 38

*Tabla 5: Factores de ajuste del flujo de saturación (TRB, 2000, p. 16-11)*_____ 40

*Tabla 6: Cuadro de operacionalización de variables*_____ 45

Tabla 7: Tiempos semafóricos Ovalo Libertadores _____ 62

*Tabla 8: Tiempos semafóricos Ovalo M. Chambi.*_____ 62

Tabla 9: Resultados de Evaluación - Ovalo de Libertadores Metodología HCM 2010 _____ 63

Tabla 10: Resultado del análisis determinístico - Ovalo Martín Chambi. _____ 64

Tabla 11: Tabla de Niveles de Servicio según V/C ratios. _____ 65

*Tabla 12: Resultados para la modelación en micro simulación (modelo de seguimiento vehicular) para el Ovalo Libertadores.*_____ 67

Tabla 13: Resultados de la Evaluación con microsimulación-Ovalo de Martin Chambi _____ 69

Tabla 14: Resultados de la evaluación con microsimulación-Ovalo Martin Chambi para la propuesta ____ 71

Tabla 15: Resultados de la evaluación con microsimulación-ovalo de los libertadores para la propuesta ____ 73

Tabla 16: Resumen Del Análisis Del Ovalo Libertadores. NDS (F) _____ 93



Índice de Figuras

Figura 1: Ovalo Libertadores en el Distrito de Wanchaq 14

Figura 2: Ovalo Martin Chambi ubicado en el Distrito de Wanchaq 14

Figura 3: Instalación de dron para los videos y toma de datos. 15

Figura 4: Vuelo del dron para los videos y toma de datos correspondientes 16

Figura 5: Tráfico en Ovalo Libertadores 16

Figura 6: Tráfico en Ovalo Martin Chambi..... 17

Figura 7: Tráfico en Ovalo Martin Chambi..... 17

Figura 8 : Esquema base intersección a desnivel en carreteras no divididas.27

Figura 9: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel28

Figura 10: Intersección sin canalizar y canalizada29

Figura 11: Tipos de intersección a nivel31

Figura 12: Esquema de fase en una intersección semaforizada.33

Figura 13 : Tipos de movimientos en una intersección.....34

Figura 14: Simulación de intersección con diferentes modos de transporte.....42

Figura 15: Gestión del tráfico con PTV Vissim evaluación de implementar medidas temporales como límites de velocidad variable y uso del acotamiento como carril adicional.42

Figura 16 : Simulación multimodal de una intersección compleja con PTV Vissim43

Figura 17: Ficha de aforo vehicular 49

Figura 18 : Formato de ficha de aforo peatonal 50

Figura 19 : Formato de ficha de características geometricas de la vía.....50

Figura 20 : Formato de ficha de características semaforicas de la vía51

Figura 21: Cámara y Gopro Hero451

Figura 22: Synchro 8 educacional52

Figura 23: Toma de pantalla 52

Figura 24: Composición del tráfico en Ovalo Chambi – confraternidad.....55

Figura 25: Aforos en intersección calle confraternidad y Av. Alameda Pachacutec56

Figura 26: Composición del tráfico - Ovalo Martin Chambi.y Av.Ejercito.....57



Figura 27: Aforos en Ovalo Martin Chambi58

Figura 28: Aforos en Ovalo de los Libertadores59

Figura 29: Aforos en Ovalo de los Libertadores60

Figura 30: Semáforo en luz verde calle confraternidad.....61

Figura 31: Semáforo en luz ámbar calle confraternidad61

Figura 32 : Semáforo en luz roja calle confraternidad.....62

Figura 33: Evaluación de la intersección para la hora punta.- Ovalo Libertadores66

Figura 34: Análisis de conflictos en microsimulación68

Figura 35: Modelación por seguimiento vehicular.68

Figura 36: Propuesta de solución para Ovalo Martin Chambi –paso a desnivel.....70

Figura 37 : Propuestas de simplificación de flujos en dirección a Av. Ejército y ampliación de capacidad de salida70

Figura 38: Propuesta de solución para Ovalo Libertadores –paso a desnivel72

Figura 39: Propuesta de solución para Ovalo Libertadores –paso a desnivel72

Figura 40: Configuración Geométrica Del Ovalo88

Figura 41: Radios Externos – Libertadores.....89

Figura 42: Radios internos - Libertadores89

Figura 43: Flujos internos - Ovalo Libertadores.....90

Figura 44: Flujos de ingreso - Ovalo Libertadores91

Figura 45: Tráfico liviano y pesado en vehículos92

Figura 46: Nivel de servicio por carriles94

Figura 47: Niveles de servicio HCM 2010 – Libertadores95

Figura 48: Demoras geométricas96

Figura 49: Flujos de Salida97

Figura 50: Grado de saturación – Libertadores.....98

Figura 51: Capacidad Por Ingreso – Libertadores.....99

Figura 52 : Velocidad de Circulación al interior del ovalo 100

Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

a) Ubicación Geográfica:

Las intersecciones a analizar tienen la siguiente ubicación geográfica:

Los óvalos libertadores y Martin Chambi se encuentran ubicados en el Distrito de Wanchaq Provincia Cusco, Departamento del Cusco, con una altitud de 3363 msnm y una superficie de 6.38 Km².



Figura 1: Ovalo Libertadores en el Distrito de Wanchaq
Fuente: Google Maps.

El ovalo Martin Chambi está localizado en el Distrito de Wanchaq, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco con una altitud de 3363 msnm y una superficie de 6.38 Km².



Figura 2: Ovalo Martín Chambi ubicado en el Distrito de Wanchaq
Fuente: Google Maps

1.2. Descripción del problema:

Usualmente encontramos problemas de embotellamientos y colas de vehículos en los óvalos Libertadores y Martin Chambi en el Distrito de Wanchaq y Distrito del Cusco especialmente en horas de mayor demanda de vehículos, como se podrá observar en los videos realizados por el dron de marca DJI realizado por los tesisistas las cuales muestran el congestionamiento en dichos óvalos. Esto sumado a la falta de optimización de la semaforización repercute en la pérdida de tiempo en los usuarios, ya que estas al no estar optimizadas tienden a detener el tráfico fluido.

Los óvalos que estudiaremos son vías pavimentadas que no están en constante mantenimiento, no cuentan con una adecuada señalización Horizontal y Vertical, tampoco cuentan con sobre anchos adecuados para el estacionamiento y adelantamiento de vehículos.

Producto de la investigación se ha llegado a conocer la demanda actual de los óvalos en estudio.



Figura 3: Instalación de dron para los videos y toma de datos.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Vuelo del dron para los videos y toma de datos correspondientes
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5: Tráfico en Ovalo Libertadores
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6: Tráfico en Ovalo Martín Chambi
Fuente: Elaboración propia



Figura 7: Tráfico en Ovalo Martín Chambi
Fuente: Elaboración propia



1.3. Justificación de la investigación:

1.3.1. Justificación técnica:

El presente estudio está focalizado en el ámbito o rama de la Ingeniería de Transportes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Aplicando los pasos y método que nos ofrece el HCM, las aportaciones técnicas de esta investigación serán:

- Cálculo de la capacidad vial y nivel de servicio de los óvalos en estudio y comparación con los niveles de servicio y capacidad de la infraestructura vial a desnivel.
- Determinación del diseño de la infraestructura.
- Hallazgo de las respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a soluciones y diseño de nuevos proyectos.

1.3.2. Justificación social

El transportista que se moviliza por esta avenida no se encuentra completamente beneficiado y satisfecho, necesita reducir sus tiempos de viaje para llegar a su destino en un menor tiempo, reducir la tasa de accidentes que se generan en dichas vías y disminuir el estrés provocado por la congestión que se presenta en horas y días críticos.

Es decir que las vías puedan brindarle un mejor servicio de transporte.

La importancia de conocer la capacidad vial radica en que el diseño de estas gloritas dan calidad a los usuarios en tiempos de demora, justificar este fin además hemos tomado en cuenta que es una zona de crecimiento poblacional y hemos considerado factores socioculturales así mismo hemos hecho el análisis crítico de la capacidad vial y le hemos dado solución a este problema mediante el uso del programa VISSIM tomando en cuenta las características técnicas y poniéndole mayor interés en el grado de seguridad de los peatones así como el tiempo de uso de los usuarios o conductores.

1.3.3. Justificación por viabilidad

Este trabajo de investigación es factible porque contamos con los siguientes datos:

- Disponibilidad de la vía pública.
- La metodología del HCM, SYDRA Y VISSIM de fácil manejo.
- El presupuesto calculado por los tesisistas puede ser cubiertos.



1.3.4. Justificación por su relevancia

Es relevante el estudio ya que los óvalos a estudiar son de las más transitadas en la ciudad del Cusco, y en la que se presentan ciertos problemas de circulación.

Por esta razón que al conocer el nivel de servicio y la capacidad vial propondremos respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a la solución y diseño de nuevos proyectos.

La aplicación del estudio en el tema de transportes para aliviar el problema de la congestión y de los tiempos que demora para los usuarios nos permite analizar las diferentes características técnicas para solucionar el problema de tráfico, y así mismo disminuir el estrés de los usuarios y de los conductores.

1.3.5. Limitaciones

- En nuestra ciudad no se encuentra con evaluaciones del tránsito urbano para determinar la eficiencia (capacidad y LOS) de intercesiones giratorias de estudio.
- Evaluación de vías se debe hacer en horarios de mayor demanda de flujo de los vehículos y personas.
- No contamos con equipos electrónicos para el conteo vehicular
- Se necesita gran cantidad de colaboradores para realizar el conteo vehicular
- Las intercesiones viales de estudio son áreas de estudio elegidas bajo los criterios de inclusión como son: intercesiones giratorias con mayor demanda (flujo vehicular y peatonal) e intercesiones con mayor oferta que pertenecen a la categoría intercesiones giratorias (infraestructura vial)
- El estudio es puntual en intercesiones viales considerando solo sus aproximaciones
- La problemática que es la carencia de un análisis de flujo vehicular de la actual y futura demanda en las intercesiones importantes del sistema vehicular de la ciudad del Cusco, se presenta permanentemente siendo perjudicial en las horas de máxima demanda.
- El estudio se limita al uso del manual HCM 2010, software SYDRA Y VISSIM con los cuales se aplicarían los estudios.
- La utilización del dron de marca Mavic Air para la realización de videos
- En nuestro aforo no se consideraron las motocicletas por tener un mínimo flujo.
- Los aforos de bicicletas no se consideraron por no haber transitabilidad en los óvalos puesto que no se verifica ciclovías por las cuales estos puedan transitar.



1.4. Formulación del problema

1.4.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el análisis comparativo entre las metodologías determinísticas del manual de capacidad vial HCM 2010 y la metodología de la micro simulación para el cálculo de los niveles de servicio y congestión vial en el caso de estudio Óvalos Libertadores y Martin Chambi de la ciudad del Cusco?

1.4.2. Problemas específicos

Problema específico N°1: ¿Cómo varían las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

Problema específico N°2: ¿Cuál es la diferencia de las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

Problema específico N°3: ¿Cuál es el estado de las Condiciones semafóricas y no semafóricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

Problema específico N°4 ¿Cuál es la relación V/C de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

¿Analizar y comparar las metodologías determinísticas del manual de capacidad vial HCM 2010 y la metodología de la microsimulación para el cálculo de los niveles de servicio y congestión vial en el caso de estudio Óvalos Libertadores y Martin Chambi de la ciudad del Cusco?



1.5.2. Objetivos específicos

Objetivo específico N°1:

¿Estimar las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

Objetivo específico N°2:

¿Determinar la diferencia de las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

Objetivo específico N°3:

¿Determinar las condiciones semafóricas y no semafóricas de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?

Objetivo específico N°4:

¿Determinar qué relación V/C de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?



Capítulo II: Marco teórico de la tesis

1.6. Antecedentes de la tesis:

1.6.1. Antecedentes a nivel nacional:

“Análisis Y Comparación De Criterios De Diseño Geométrico En Las Rotondas Modernas”

- Universidad Nacional De Piura

Resumen: La investigación propone una comparación de los criterios de diseño geométrico para intersecciones rotatorias entre la Norma Peruana con los manuales especializados en el diseño geométrico de rotondas modernas, específicamente de Australia y Estados Unidos. En el capítulo 1 se desarrolla el marco teórico, en el cual se definen las nociones generales de las rotondas modernas, las ventajas y desventajas y por último los criterios de diseño geométrico en el Perú acerca de las rotondas modernas o intersecciones giratorias. En el capítulo 2 se muestra el planeamiento, análisis operacional y seguridad de las rotondas modernas. En el capítulo 3 se informa acerca del diseño geométrico que toma en cuenta los manuales especializados dados por la Federal Highway Administration en los Estados Unidos y por la Austroads Ltd en Australia. En el capítulo 4 se realizan diseños de rotondas modernas en base a las normas antes mencionadas junto con sus análisis operacionales y diferentes metodologías. Finalmente, en el Capítulo 5 de resultados se muestra las tablas y gráficos comparativos.

Conclusiones

La NTP es referente a diseño geométrico de intersecciones a nivel no considera las condiciones de rotonda modernas como alternativas de solución al tráfico solo hace mención de ellos de manera general. En este sentido, se recomienda tomar en cuenta los análisis y la comparación de criterios de diseño geométrico de directrices especializadas en la presente tesis con la finalidad de considerar a las rotondas modernas como una propuesta de solución en zonas rurales y urbanas que sufren problemas de seguridad y tráfico.

1.6.2. Antecedentes a nivel local:

“Evaluación y análisis para la optimización de los flujos vehiculares, señales de tránsito y gestión vehicular en el ovalo Pachacutec y sus avenidas confluyentes. Distrito de Wanchaq y Santiago.”



- Universidad Andina Del Cusco

RESUMEN: La presente está basada en la rama de ingeniería de tránsito, evalúa la circulación vehicular en el ovalo Pachacutec de los distritos de Wanchaq y Santiago provincia de Cusco.

Se estudió el tráfico vehicular y la infraestructura vial del ovalo Pachacutec y sus avenidas confluyentes (AV. 28 DE JULIO, PROLONGACIÓN MATEO PUMACAHUA, AV MICHAELA BASTIDAS, AV LA PAZ, PROLONGACIÓN AV LA PAZ, AV LUIS VALLEJO SANTONI, AV ANTONIO DE SUCRE, AV SAN MARTIN, AV INFANCIA).

Esta investigación presenta un diagnostico basado en la medición de flujos vehiculares para un tránsito vehicular interrumpido, procurando dar soluciones a través de la realización del análisis del embotellamiento, LOS, semaforización, señales de tránsito y capacidad vial de la actualidad en el ovalo Pachacutec y sus avenidas confluyentes.

Conclusiones

Se utilizó como instrumento el software (SYNCHRO 7) donde se simulo la situación actual de la zona en estudio y se optimizo los flujos vehiculares logrando disminuir la congestión vehicular hasta en un 70 %.

Se logró identificar y optimizar tiempos sincronizados lo q permitirá un mayor flujo vehicular de manera flexible en el ovalo Pachacutec y avenidas confluyentes.

1.6.3. Antecedentes a nivel Internacional:

“Implantación del diseño de una turbo glorieta como alternativa de solución de movilidad en la intersección de la Av Boyaca en el barrio Yomasa, localidad de Usme”

- Universidad Católica De Colombia

Resumen: Las Turbo Glorietas como solución a las intersecciones viales, se desarrollaron en Europa, específicamente en países como Holanda, Dinamarca y Alemania, en este aspecto se identifica al Profesor Lambertus G. H. Fortuijn como el desarrollador de este tipo de intersección en su publicación del año de 1996;3 desde el año 2000 se han construido al menos setenta (70) Turbo Glorietas en Holanda debido a las reducciones en la accidentalidad de hasta el 80%, en las intersecciones construidas bajo este novedoso diseño.

Nacen de la necesidad de mejorar la capacidad de las glorietas tradicionales aumentando su seguridad vial, la principal novedad de las Turbo Glorietas es que se elimina la preferencia del



carril exterior, y todos los carriles pasan a tener la utilidad, en consecuencia el propio carril es el que guía al conductor hacia su salida, como resultado se ha obtenido mayor capacidad que en los diseños tradicionales, eliminando puntos de conflicto y por consiguiente optimizando el espacio ocupado por éstas.

Conclusiones

En primer lugar por medio de los conteos realizados en la intersección vial se determina un elevado porcentaje de camiones, porcentajes que podrá transitar por la nueva alternativa vial, permitiendo descongestionar y la posibilidad de transitar a una mayor velocidad , además de contribuir con la movilidad , esta implantación trae bastante cambio urbanístico en el lugar dado a q por ejemplo, el separador central Boyacá tendría un cambio drástico ya q el ancho actual de la isleta central es de 10 metros, con la implantación de la turbo glorietta esta se reduce a tres metros , esto debido de que en caso de dejar el separador central con el ancho existente la avenida Boyacá no empalmaría adecuadamente , y no cumpliría con las longitudes de transición.

1.7. Bases teóricas– científicas:

1.7.1. Variables relacionadas con el flujo

➤ Tasa del flujo (q) y volumen (Q)

La tasa de flujo q es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. La tasa de flujo es pues el número de vehículos (N) que pasan durante un intervalo de tiempo (T) a una hora, expresada en veh. / min. No obstante, la tasa de flujo q también puede ser expresada en veh. / hora, teniendo cuidado con su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario q.

La tasa de flujo se calcula entonces con la siguiente expresión:

$$q = \frac{N}{T}$$

➤ Densidad o concentración (K)

Es el numero N de vehículos que ocupan una longitud específica a, de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh / km) , ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada , se calcula como :



$$K = \frac{N}{a}$$

1.7.2. Cálculo de la capacidad

En este capítulo se dedica un primer apartado a describir muy brevemente el cálculo de la capacidad que propone el Highway Capacity Manual para las intersecciones semaforizadas, para pasar posteriormente a describir los procesos utilizados en esta tesina para llegar a determinar la capacidad de un tramo a partir de la relación fundamental del tráfico y las intensidades reales registradas.

(AKCELIK, 2010)

1.7.2.1. Capacidad de intersecciones semaforizadas SEGÚN HCM 2010

El método de cálculo de la capacidad más conocido y utilizado es el expuesto en el Highway Capacity Manual preparado en Estados Unidos por el TRB. Este método está basado en estudios realizados en este país desde 1935 y ha sido objeto de cinco ediciones, la última en el año 2010. Aunque algunos países han desarrollado métodos de cálculo de la capacidad con técnicas diferentes, en otros muchos, se ha empleado el manual americano con las modificaciones que la experiencia ha ido aconsejando para su adaptación a las circunstancias locales.

$$C = S * \frac{V}{T}$$

Siendo:

C: Capacidad (vehículos/hora)

S: Intensidad de saturación (vehículos/hora)

V: Duración de la fase de verde (segundos)

T: Duración del ciclo (segundos)

En algunos tramos existen carriles reservados para determinados movimientos, como giros a la derecha o izquierda, el cálculo será por separado con respecto a los demás carriles. El cálculo de la intensidad de saturación para cada grupo es el siguiente:

$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi}$$

Siendo:

S: Intensidad de saturación (vehículos/hora)



N: Número de carriles

fa, fvp, fi, fe, fb, fz, fgd, fgi: Factores de corrección

Tabla 1: Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación

Factores de corrección			
F	Corrección por	Fórmula	Variable
f_a	Anchura del carril	$(5,4+A)/9$	A: anchura del carril (m)
f_{vp}	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P: Porcentaje de pesados (%)
f_i	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I: Inclinación de la rasante
f_e	Estacionamiento	$1-(0.1+M/20)/N$	M: Movimientos de estación hora
f_b	Paradas autobús	$1-B/(250N)$	B: Autobuses que paran por hora
f_z	Situación	$(0,9-1)$	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
f_{gd}	Giros a la derecha	$1- 0.15P$	P: Proporción de vehículos que giran a la derecha
f_{gi}	Giros a la izquierda	$1/(1+0.05P)$	P: Proporción de vehículos que giran a la izquierda

Fuente: HCM 2010

1.7.3. Intersecciones a nivel y desnivel

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía del sitio, a las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, los ingenieros deben proponer alternativas para ser evaluadas y con sus resultados seleccionar la más conveniente.

(VIAS)

1.7.3.1. Intersección a desnivel

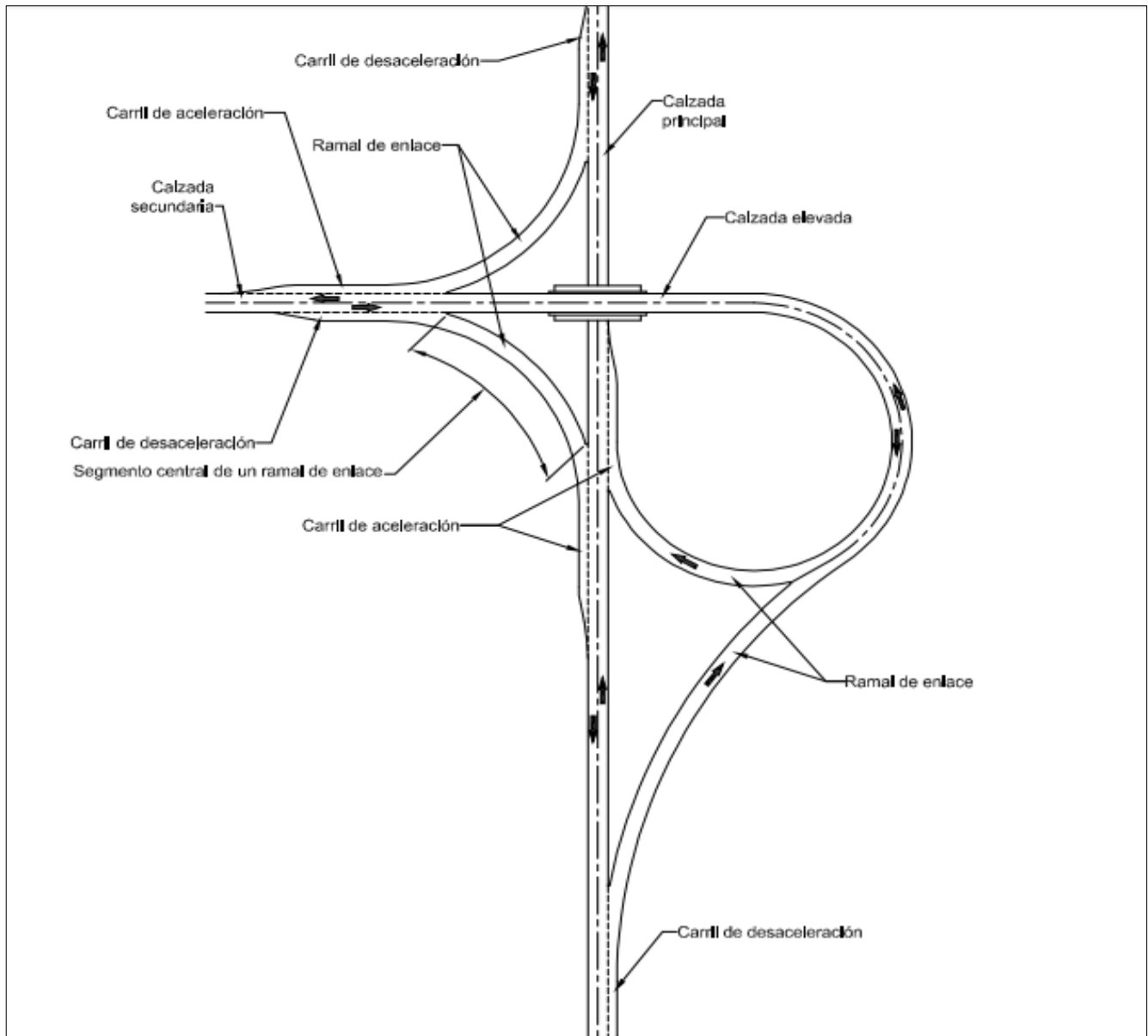


Figura 8 : Esquema base intersección a desnivel en carreteras no divididas.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Criterios básicos de diseño

- Diagrama de flujos vehiculares incluyendo su intensidad, composición vehicular y automóviles directos equivalentes.
- Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD).
- Proyecciones al año meta.
- Análisis de capacidad.
- Pre dimensionamiento de cada alternativa propuesta.

(CHAVEZ LOAYZA, 2005)

1.7.4. Intersecciones viales

Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000).

1.7.4.1. Tipos de intersecciones viales

Existen dos tipos fundamentales de solución a estos problemas que es la intersección a nivel e intersección a desnivel (enlace).

La diferencia radica en que las intersecciones el cruce se realiza a nivel, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto; en el enlace el cruce se realiza a distinto nivel, interceptándose en este caso en las proyecciones horizontales de los ejes. (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

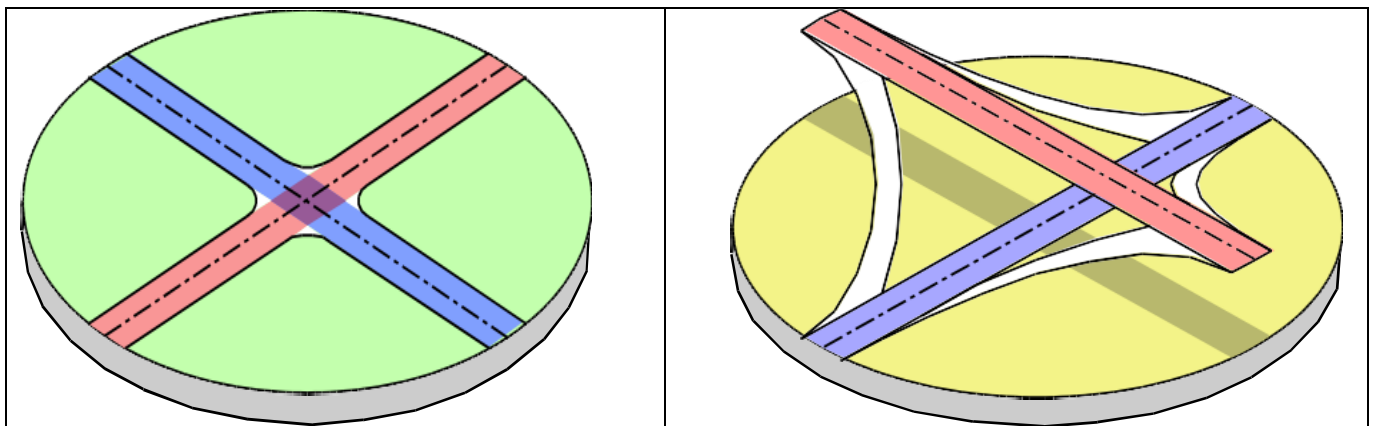


Figura 9: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel
Fuente: (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

1.7.4.2. Intersecciones a nivel

Es una alternativa para la solución de vías la cual posibilita el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria. deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

1.7.4.3. Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se

dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

A.- Criterios Generales

✓ **Reducción de las áreas de conflicto.**

En las vías no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

✓ **Visibilidad**

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Tipo de intersecciones a nivel. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

✓ **Canalización y puntos de giro**

Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

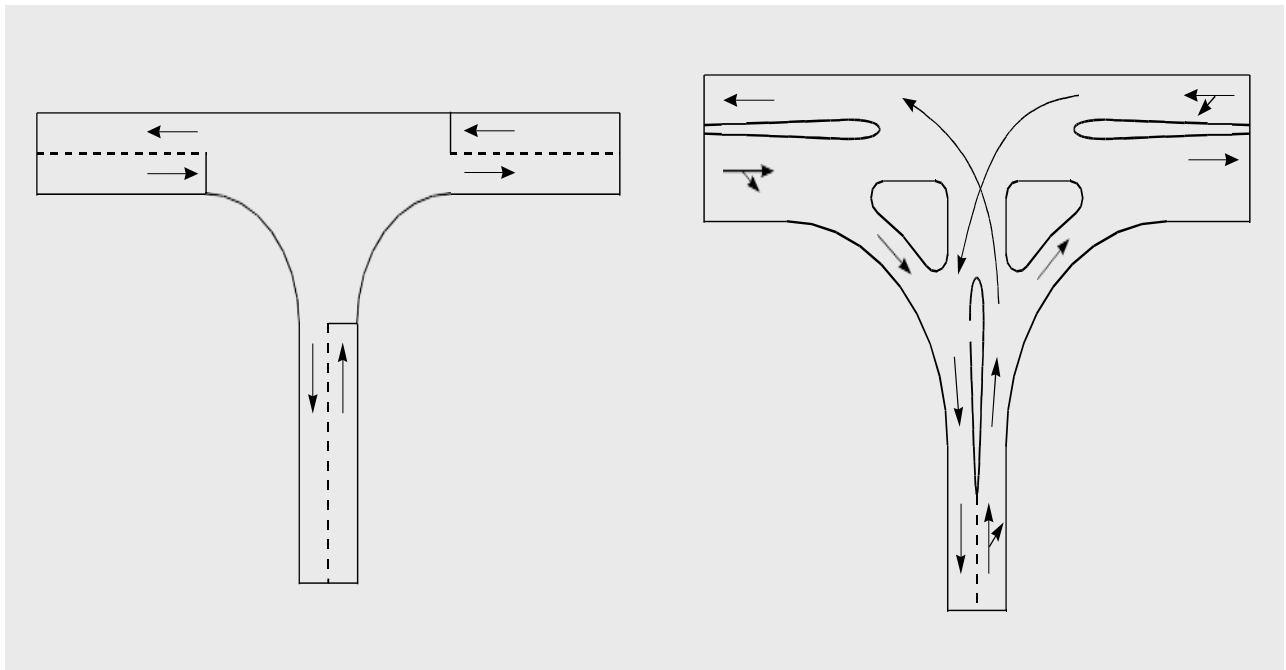


Figura 10: Intersección sin canalizar y canalizada

Fuente: Tomado de (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)



B. Consideraciones del tránsito

- Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.
- los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.
- La relación tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito. (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

C.- Elección del tipo de control

La elección del control se da en forma que los peatones y vehículos puedan circular con normalidad por toda la vía, para lo cual tenemos los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico). (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

D.- Semáforos

Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas, aunque su uso puede llegar a hacerse necesario en carreteras. (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000).

1.7.4.4. Tipología de intersección a nivel

Una intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto

En la siguiente tabla, se presentan los tipos básicos de intersección a nivel. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018).

A.- Intersección según su composición:

Los tipos de intersecciones generalmente están marcados por el número de ramas que esta tiene, es así que se tiene los siguientes tipos:

	EMPALME EN T	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADAS	
TRES RAMALES	EMPALME EN Y	SIMPLE		CANALIZADAS	
CUATRO RAMALES	INTERSECCIÓN EN +	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
	INTERSECCIÓN EN X	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
		VEASE FIGURA 501.01			
ESPECIALES		EN ESTRELLA		ROTONDA	

Figura 11: Tipos de intersección a nivel

Fuente: (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

I.- Intersecciones giratorias o rotonda

Se caracterizan por la afluencia de las vías hacia el anillo de circulación rotatoria en sentido anti horario alrededor de una isleta central, teniendo prioridad de paso aquellos vehículos que



circulan por ella. Este tipo de intersección surge como un intento de remedir los incipientes problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades. (BAÑÓN VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

1.7.4.5. Intersección semaforizada

El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe considerar una amplia variedad de condiciones prevalecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. En las intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad, la distribución del tiempo.

Un semáforo esencialmente distribuye tiempo entre movimiento circulatorios conflictivos que pretenda en utilizar el mismo espacio físico.

La metodología presentada se aplica a la capacidad y a nivel del servicio de los accesos a la intersección. La capacidad se calcula en términos de entre intensidad versus demanda y la capacidad (relación I/c), mientras que LOS se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (seg/v). (AKCELIK, 2010)

I.- Semáforos

Se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semaforicas:

- **CICLO:** Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.
- **DURACIÓN DE CICLO:** El tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos, se representa con el símbolo C .
- **FASE:** La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.
- **INTERVALO:** Un periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semaforicas permanecen constantes.
- **TIEMPO DE CAMBIO:** Los intervalos “amarillo” más el “todo rojo” que tienen el lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha: se presenta con el símbolo Δ y se mide en segundos. (AKCELIK, 2010)

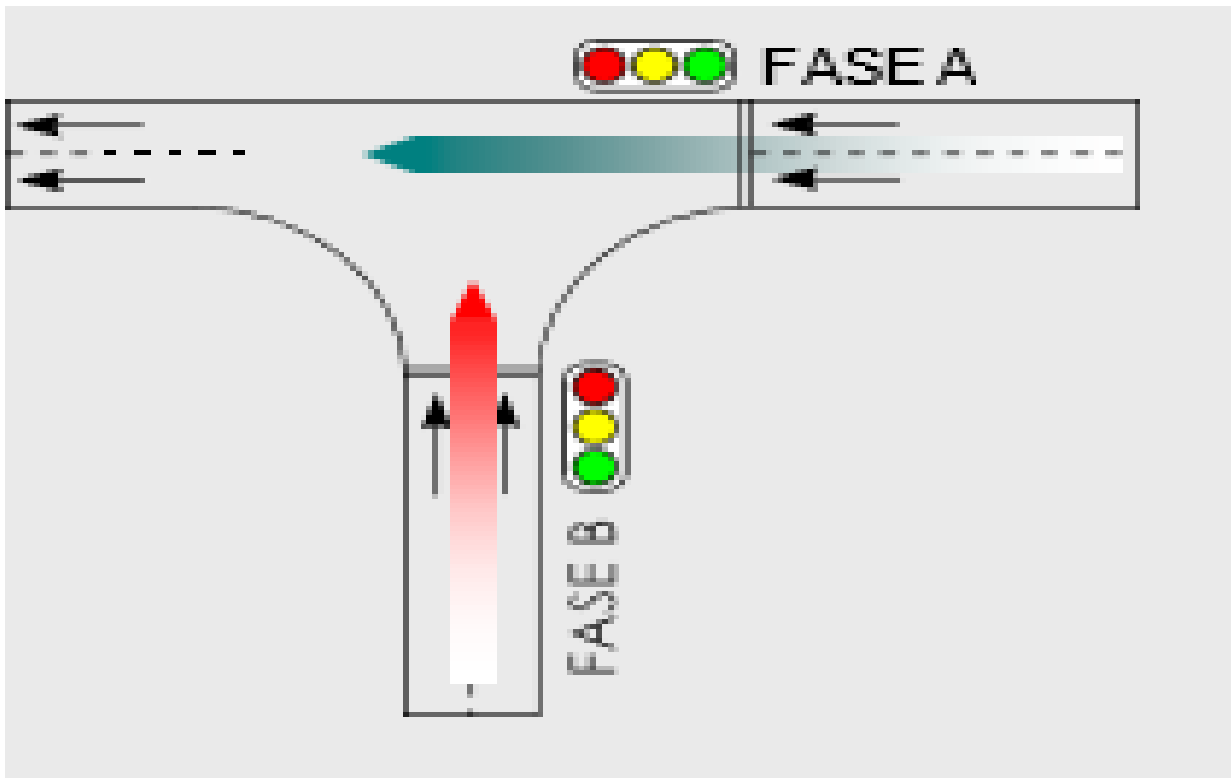


Figura 12: Esquema de fase en una intersección semaforizada.
Fuente: tomado de. (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

II. Tipos de movimiento

Pueden distinguirse cuatro tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro sin oposición.

- De paso: El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección.
- Giro permitido: El vehículo atraviesa la intersección teniendo en cuenta la afluencia peatonal y vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la derecha que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido.
- Giro protegido: El movimiento vehicular no presenta oposición a la hora de realizar la maniobra.
- Giro sin oposición: A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. (BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

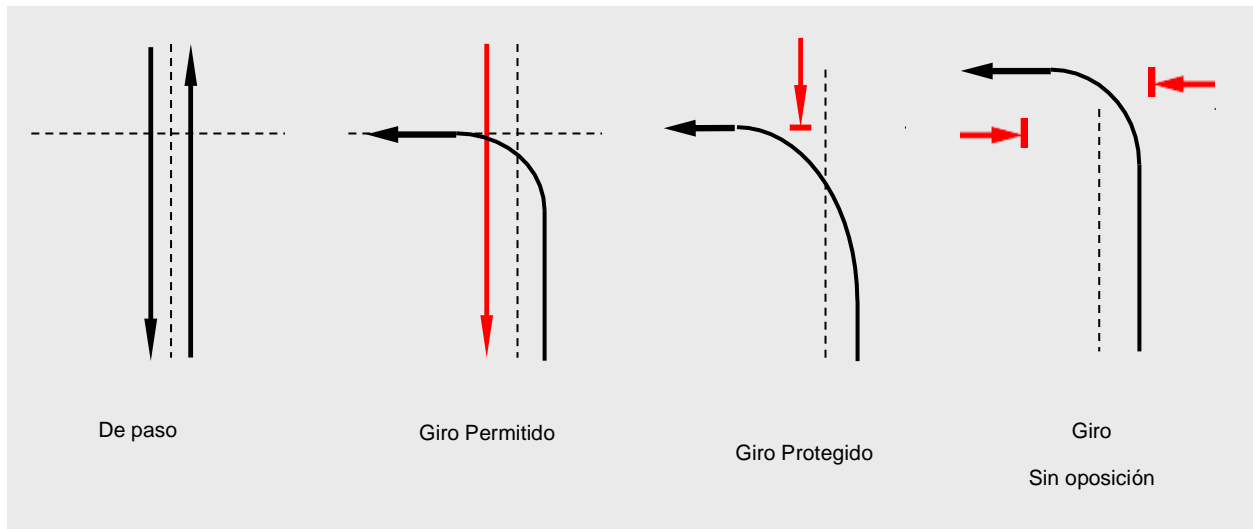


Figura 13 : Tipos de movimientos en una intersección

Fuente: tomada de (BAÑÓN VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., 2000)

III. Modalidades prefijada o de tiempos fijos

Los semáforos pueden operar en tres modalidades básicas dependiendo del tipo de equipo de control empleado:

✓ **Operación prefijada o de tiempos fijos**

La duración del ciclo, las fases, el tiempo verde y los intervalos de cambio están todos prefijados. El semáforo rota por este ciclo definido de forma constante; cada ciclo es el mismo siendo la duración de ciclo y las fases constantes. Dependiendo del equipo disponible, se puede utilizar varios relajes de tiempo prefijados, entrando cada uno de ellos automáticamente en funcionamiento en momentos determinados del día. (AKCELIK, 2010)

✓ **Operación semi accionada por el tráfico**

En la operación semi accionada la calle principal en cuestión tiene una indicación “verde” durante todo el tiempo hasta que los detectores de la calle secundaria indiquen que un vehículo o vehículos han llegado a uno o ambos accesos secundarios. El semáforo muestra entonces una fase “verde” para la secundaria, después de un intervalo de cambio apropiado, que se mantenga hasta que todos los vehículos hayan pasado o hasta que el verde de la calle secundaria alcance tiempo preestablecido máximo. (AKCELIK, 2010)



✓ **Operación totalmente accionada**

En la operación totalmente accionada todas las fases semafóricas están controladas por detectores. En general los tiempos de verde mínimos y máximos están especificados para cada fase, así como la secuencia de fase. Ciertas fases de ciclo y los tiempos de verde pueden variar considerablemente según la demanda. Ciertas fases de ciclo pueden ser opcionales y pueden ser anuladas totalmente si los detectores registran demanda. (AKCELIK, 2010)

1.7.5. Intersecciones a desnivel

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Las intersecciones, deben contener las mejoras condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad. (MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG, 2018)

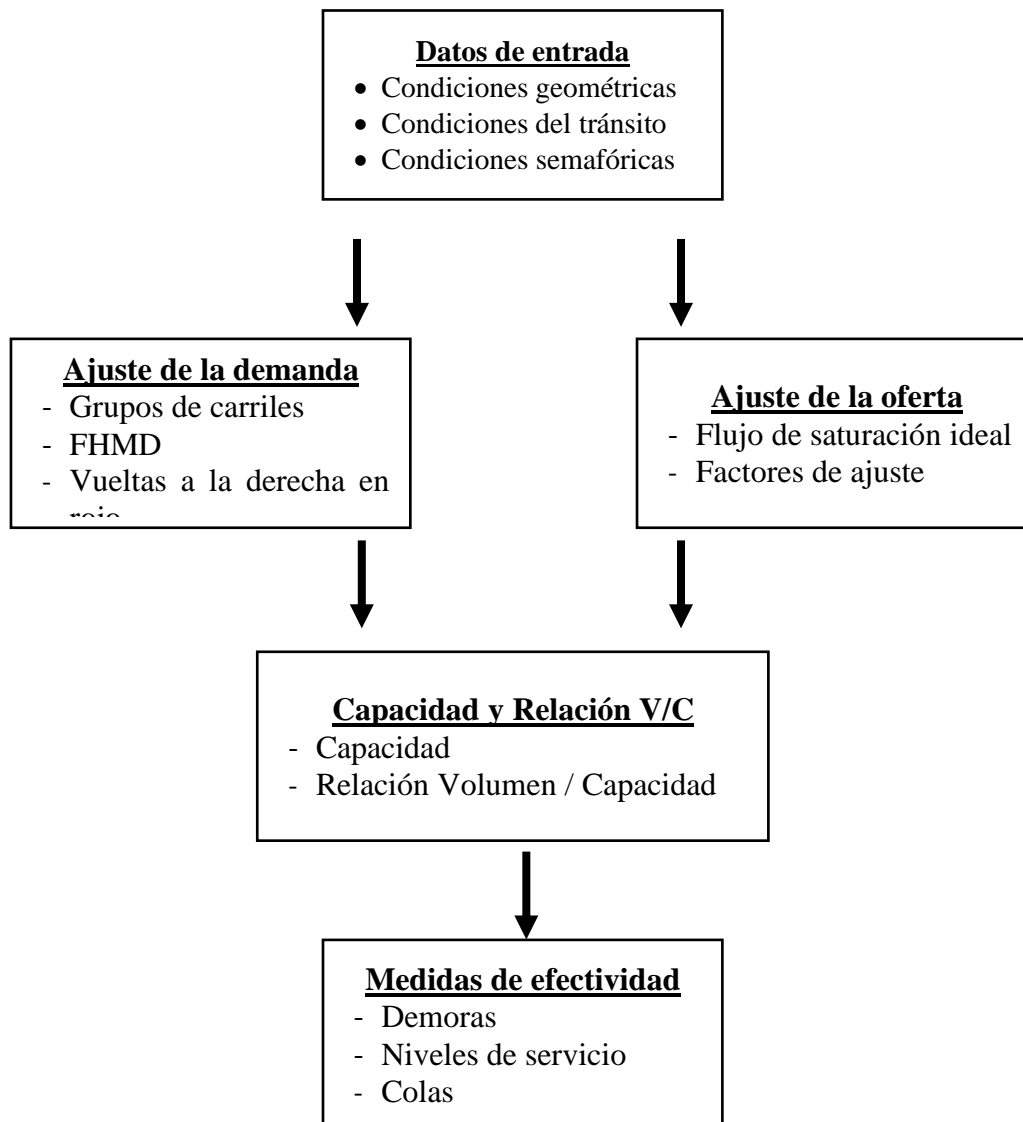
1.7.6. Metodología del HCM

El TRB presenta una metodología para el análisis de intersecciones semaforizadas en el Capítulo 16 del Manual de Capacidad de Carreteras. A continuación, se detalla el procedimiento empleado por el HCM 2010. (AKCELIK, 2010)

1.7.6.1. Análisis operacional

El análisis operacional del HCM consiste en estimar las medidas de eficiencia que son generadas en principio para elementos individuales y luego agregadas (ponderadas) para el sistema como un todo. La Figura 8 esquematiza el procedimiento. (AKCELIK, 2010)

Tabla 2: Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-2)



Fuente: Tomado del (AKCELIK, 2010)

1.7.6.2. Datos de entrada

A. Condiciones geométricas

Son aquellas condiciones de utilidad para el diseño de las vías la cual identifican los anchos de carril pendientes número de carriles, ubicación de semáforos, etc. cualidades que presenta cada acceso. (AKCELIK, 2010)

B. Condiciones de circulación

Son los volúmenes de tránsito para cada acceso de la intersección. Deben considerar los tipos de vehículos, como el tránsito de peatones y bicicletas que interfieren con los giros ya sea a la izquierda o a la derecha. (AKCELIK, 2010)

Tabla 3: Relación entre el tipo de llegada y la relación de pelotón (TRB, 2000, p. 16-20)

Tipo de Llegada	Rango de Pelotón (Rp)	Valor por Defecto (Rp)	Calidad de la Progresión
1	≤ 0.50	0.333	Muy pobre Desfavorable
2	$> 0.50-0.85$	0.667	Llegadas aleatorias
3	$> 0.85-1.15$	1.000	Favorable Altamente
4	$> 1.15-1.50$	1.333	favorable Excepcional
5	$> 1.50-2.00$	1.667	
6	> 2.00	2.000	

Fuente: Tomado del (AKCELIK, 2010)

$$R_p = \frac{P}{\left(\frac{g_i}{C}\right)}$$

Donde:

 R_p : relación de pelotón. P : proporción de todos los vehículos que llegan durante la fase verde ($P \leq 1$). C : longitud del ciclo (s). g_i : tiempo de verde efectivo del movimiento o grupo de carriles (s).

C. Condiciones semafóricas

Son informaciones relacionadas con los semáforos, como la longitud del ciclo, los tiempos de verde y demás intervalos; los mismos que pueden resumirse en un diagrama de fases. (AKCELIK, 2010)

1.7.7. Ajuste de la demanda

1.7.7.1. Agrupamiento de carriles

La metodología del HCM considera que cada acceso debe ser calculado de forma individual. La segmentación toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de movimientos. En la Tabla 5 se presentan algunos agrupamientos de carriles comunes. (AKCELIK, 2010)

Tabla 4: Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-7)

Número de carriles	Movientos por carril	Número de posibles grupo de carriles
1	LT + TH + RT Izquierdo, directo y derecho	① Acceso carril sencillo
2	EXC LT Izquierdo exclusivo TH + RT Directo y derecho	②
2	Izquierdo y directo LT + TH TH + RT Directo y derecho	① ②
3	Izquierdo exclusivo EXC LT TH Directo TH + RT Directo y derecho	② ③

Fuente: Tomado del (AKCELIK, 2010)

1.7.7.2. Determinación de la tasa de flujo

La tasa de flujo durante los 15 minutos pico se determina de un volumen horario dividiéndolo entre el factor de hora pico (FHP). (AKCELIK, 2010)

Donde,

$$V_p = \frac{V}{FHP}$$

vP : tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h).

V : volumen horario (veh/h).

FHP : factor de hora pico.

Debido a que no todos los movimientos pueden alcanzar su volumen pico en el mismo periodo



de 15 minutos, es recomendable observar directamente los flujos cada 15 minutos y seleccionar el periodo crítico de análisis. (AKCELIK, 2010)

1.7.8. Ajuste de la oferta

1.7.8.1. Determinación de la tasa de flujo de saturación

El HCM calcula la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles a partir del ajuste de la tasa de flujo de saturación ideal.

$$S = S_o * N * fW * fHV * fg * fp * fbb * fa * fLU * fLT * fRT * fLpb * fRpb$$

Donde:

s : tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde).

s_o : tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril).

N : número de carriles del grupo de carriles.

fW : factor de ajuste por ancho de carriles.

fHV : factor de ajuste por vehículos pesados.

fg : factor de ajuste por pendiente del acceso.

fp : factor de ajuste por estacionamientos adyacentes al grupo de carriles.

fbb : factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.

fa : factor de ajuste por tipo de área.

fLU : factor de ajuste por utilización de carriles.

fLT : factor de ajuste por giros a la izquierda.

fRT : factor de ajuste por giros a la derecha.

$fLpb$: factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.

$fRpb$: factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha.

El HCM recomienda un valor por defecto para la *tasa de flujo de saturación ideal* (carriles de 3.6m, pendiente de 0%, mismo tipo de vehículos, sin estacionamientos ni giros, etc.) de 1900 vehículos livianos por hora por carril (veh/h/carril). (AKCELIK, 2010)

Tabla 5: Factores de ajuste del flujo de saturación (TRB, 2000, p. 16-11)

Factor	Fórmula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de carril	$f_W = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W= ancho de carril (m)	$W \geq 2.4$ If $W > 4.8$, puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	% HV = % de vehículos pesados – grupo de carriles	$E_T = 2.0$ veh equivalente / HV
Pendiente	$f_g = 1 + \frac{\%G}{200}$	% G= % pendiente en el acceso – grupo de carriles	$-6 \leq \% G \leq +10$ Negativo para cuesta abajo
Parqueos	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N= número de carriles por grupo N _m = número de maniobras de parqueo / hora	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ $f_p = 1.000$ sin parqueos
Bloqueo de buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N= número de carriles en el acceso N _B = número de parada de buses / hora	$0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0.050$
Tipo de área	$f_a = 0.900$ en CBD $f_a = 1.000$ otras áreas	CBD = Central Business Distric = Centro de Negocios	
Utilización de Carril	$f_{LU} = V_g / (V_{g1} N)$	V _g = proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh / hora V _{g1} = proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh / h N = número de carriles en el grupo	
Giros izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo $f_{LT} = 0.95$ Carril compartido $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P _{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles	Consultar cuadro C16-1 de la página 16-122, del Manual HCM 2000 apéndice C
Giros Derechos	Carril exclusivo $f_{RT} = 0.85$ Carril compartido $f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$ Carril único $f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$	P _{RT} = proporción de giros derechos en el grupo de carriles	$f_{RT} \geq 0.050$
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	Ajuste giro izquierdo $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbt})(1 - A_{pbt})$ Ajuste giro derecho $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbt})(1 - P_{RTA})$	P _{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo A _{pbt} = ajuste en la fase permitida P _{LTa} = proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo P _{RT} = proporción de giro derecho en el grupo de carriles P _{RTA} = proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total	Referirse al apéndice B del Manual HCM 2000, página 16-135, para seguir paso a paso el procedimiento

Fuente: Tomado del (AKCELIK, 2010)



1.7.9. Modelamiento y simulación PTV VISSIM

Puede simularse la situación del tráfico a la perfección, tanto la comparación de operar con distintos tipos de intersecciones como el análisis de implementar medidas de prioridad al transporte público o el impacto de un distintivo plan de semaforización. (PTV VISSIM Manual del usuario)

1.7.9.1. Casos de aplicación de PTV VISSIM

A. Intersecciones

Se puede representar y analizar cualquier geometría de intersección y cualquier esquema de prioridad y semaforización. (PTV VISSIM Manual del usuario)

- **Control semafórico**

Los ingenieros de tráfico pueden modelar y optimizar todo tipo de control de semafórico, ya sea un controlador de tiempo fijo, un control actuado por el tráfico o prioridades al transporte público. (PTV VISSIM Manual del usuario)

- **Control semafórico actuado por vehículos**

Se puede simular controles semafóricos actuados, desde intersecciones aisladas, hasta sistemas de control complejos para redes parciales, lo cual puede incluir varias estrategias de prioridad al transporte público. Durante la simulación, el controlador VAP interpreta las órdenes de la lógica del programa establecido y genera las órdenes de regulación correspondientes para los semáforos. (PTV VISSIM Manual del usuario)

- **Intersecciones no semaforizadas**

Los nudos de comunicaciones no señalizados, como por ejemplo las rotondas o los nudos que se rigen por la prioridad, se pueden simular asimismo con PTV Vissim. El concepto de rutas y conectores permite crear geometrías detalladas. (PTV VISSIM Manual del usuario)

- **Multimodalidad**

Provee a los ingenieros del tráfico mucha flexibilidad gracias a la que pueden configurar modelos vehiculares de forma sumamente realista. (PTV VISSIM Manual del usuario)



Figura 14: Simulación de intersección con diferentes modos de transporte
Fuente: Tomado de PTV Vissim

Además, en caso necesario, los ingenieros del tráfico pueden determinar el grado de obediencia a la señal de alto para distintos tipos de vehículo en PTV Vissim.



Figura 15: Gestión del tráfico con PTV Vissim evaluación de implementar medidas temporales como límites de velocidad variable y uso del acotamiento como carril adicional.
Fuente: Tomado de PTV Vissim

B. Transporte público

La planificación del transporte sustentable concede prioridad al transporte público (TP). PTV Vissim ayuda a los ingenieros del tráfico en varias sub disciplinas de la planificación del TP, para lo cual les ofrece una amplia gama de funciones específicas y posibilidades de modelado detalladas. (PTV VISSIM Manual del usuario)



Figura 16 : Simulación multimodal de una intersección compleja con PTV Vissim
Fuente. Tomado de PTV Vissim

1.8. Hipótesis:

1.8.1. Hipótesis general:

El nivel de servicio y congestión para el método determinístico es más elevado e impreciso que el calculado por el método de micro simulación.

1.8.2. Sub Hipótesis:

Sub Hipótesis 1: Las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los Óvalos son diferentes para cada una de las metodologías de cálculo.

Sub Hipótesis 2: Las características geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martín Chambi, aplicando las metodologías determinísticas y microsimulación son diferentes.



Sub Hipótesis 3: Las Condiciones semafóricas y no semafóricas para las diferentes metodologías generan resultados diferentes para los óvalos analizados.

Sub Hipótesis 4: La relación V/C de los Óvalos de estudio Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación, son diferentes.

1.9. Variables e indicadores:

1.9.1. Variables dependientes:

- Congestión. - Máximo flujo posible en una facilidad de transporte, bajo condiciones prevalecientes.
- Nivel de Servicio. - Medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.

1.9.2. Indicadores de variables dependientes:

- Control uniforme de demora
- Vehículos Pesados (%).
- Estacionamiento.
- Paradas de Autobús.
- Intensidad Vehicular
- Capacidad Vial
- Número de Carriles
- Anchura de Carril (m).

1.9.3. Variables independientes:

- Capacidad vial. - Cruce de dos o de más calles, caminos. (confluencia de varias vías)

1.9.4. Indicadores de variables independientes:

- Semáforos. - son elemento regidores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas.
- Geometría de la Intersección. - son áreas comunes a dos o más vías q se cruzan al mismo nivel o desnivel.

1.10. Cuadro de operacionalización de variables:

Tabla 6: Cuadro de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X1: Capacidad vial	Cruce de dos o de más calles, caminos.(confluencia de varias vías)	Intersecciones semaforizadas	Semáforos	HCM2010
		Intersecciones a desnivel	Geometría de la intersección	HCM2010
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y1: Congestión	Máximo flujo posible en una facilidad de transporte, bajo condiciones prevalecientes.	Comodidad de adelantamientos	Número de Vehículos	HCM2010
		Velocidad		VISSIM
Y2: Nivel de servicio	Medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.	Se describen en términos de factores tales como :	Niveles A,B,C,D,E,F	HCM 2010
		la velocidad y el tiempo		SYNCHRO 7.0
		Libertad de maniobra		
		Comodidad		
	Seguridad vial			

Fuente: Elaboración propia



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la investigación:

3.1.1. Tipo de investigación:

La investigación utilizada es de tipo Cuantitativa. Ya que recogeremos y procesaremos la información obtenida en el trabajo de campo, una vez definido esto lograremos determinar los factores de horas punta, flujos viales críticos, capacidad vial y nivel de servicio ((Hernández, Fernández y Baptista (2000)

3.1.2. Nivel de investigación:

El nivel de investigación es de naturaleza Descriptiva, puesto que describe los eventos o situaciones. Especificando así las propiedades más importantes de la infraestructura vial, tales como el estado actual de la geometría, dispositivos de control, capacidad vial, características de funcionamiento y nivel de servicio. ((Hernández, Fernández y Baptista (2000)

3.1.3. Método de investigación:

En la presente investigación se dispuso a utilizar el método hipotético - deductivo, puesto que a través de las fórmulas empleadas podemos determinar los fenómenos que se plantearon en la tesis, para luego deducirlas comprobando y verificando posteriormente. ((Hernández, Fernández y Baptista (2000)

3.2. Diseño de la investigación:

3.2.1. Diseño metodológico:

En el diseño de la metodología fue no experimental, puesto que no se manipulo variables ni formulas definidas en la tesis y todo este estudio se dio bajo condiciones actuales y reales.

3.3. Población y muestra:

3.3.1. Población:

3.3.1.1. Descripción de la población:

En esta investigación la toma de la población fue tomada con los criterios de contar con todos los óvalos que se tiene en la ciudad del Cusco, para lo cual tenemos estas infraestructuras que



fueron construido hace muchos años atrás y se han está regulando con el paso del tiempo. Su diseño es bastante antiguo.

3.3.1.2. Cuantificación de la población:

Para nuestro universo se aplican los siguientes óvalos existentes:

- Ovalo de Martin Chambi
- Ovalo de Libertadores.

3.3.2. Muestra:

3.3.2.1. Descripción de la muestra:

La población de esta tesis fueron los dos óvalos elegidos de un total local de 6 óvalos que existen en la ciudad del Cusco.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra:

La muestra de la investigación coincidió con la población anteriormente establecida. Tres áreas de estudio, cada intersección semaforizada se detalla a continuación:

- Ovalo de Libertadores
- Ovalo de Martin Chambi

3.3.2.3. Método de muestreo:

Para la definición de la muestra en nuestro estudio fue de tipo no probabilístico, según Hernández, Fernández y Baptista (2000) “Las denominadas muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas o específicas, suponen un procedimiento de selección informal y poco arbitrario. Aun así, se utilizan en muchas investigaciones y a partir de ella se hacen las inferencias sobre la población “. Esto nos indica que no se usarán ninguna fórmula estadística para determinar la cantidad la muestra. (HERNANDEZ SAMPIERI, FERNANDEZ COLLADO, & BAPTISTA LUCIO, 2014)

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra:

- Se expuso mediante criterios que el manual de capacidad vial americano Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010) nos dio:
 - Los criterios utilizados fueron mediante las Guías de observación
 - Aforos vehiculares



- Tiempos de aforos
- Puntos específicos de estaciones de aforo
- Características geométricas.
- Características del tránsito.
- Características semafóricas.

(AKCELIK, 2010)

3.3.3. Criterios de inclusión:

Los criterios que determinamos para la inclusión son:

- Encuentros viales que cuenten con la tipología de intersecciones semaforizadas.
- Encuentros viales que enlacen los sistemas viales más importantes de la ciudad del Cusco.
- Encuentros viales con gran demanda vehicular.
- Encuentros viales con mayor infraestructura vial (oferta). (AKCELIK, 2010)

3.4. Instrumentos:

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos:

3.4.1.1. Ficha de aforo vehicular

Son fichas elaboradas para hacer el conteo de acuerdo a las intersecciones que se presentan en los óvalos, a su vez clasificamos el tipo de vehículo.

3.4.1.2. Ficha de aforo peatonal

Los aforos peatonales nos ayudaron a determinar el número de peatones y sentidos de circulación en intervalos de tiempo determinado.

FICHA DE AFORO PEATONAIL			
TESIS:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGÍA DETERMINÍSTICA DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y LA METODOLOGÍA DE LA MICRO SIMULACIÓN PARA EL CALCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y CONGESTIÓN VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO ÓVALOS LIBERTADORES Y MARTIN CHAMBI DE LA CUIDAD DEL CUSCO		
TESISTAS:	Susan Mercedes Tairo Peralta		
	Marco Antonio Farfan Huaman		
INTERSECCION:		CODIGO:	
DIA:		TURNO:	
HORA	SENTIDO		TOTAL
SUB TOTAL			
TOTAL			

Figura 18 : Formato de ficha de aforo peatonal
Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.3. Ficha de características geométricas

Son fichas elaboradas para hacer el inventario de la geometría y características de las vías q se encuentran en estudio.

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VÍA	
TESIS:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGÍA DETERMINÍSTICA DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y LA METODOLOGÍA DE LA MICRO SIMULACIÓN PARA EL CALCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y CONGESTIÓN VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO ÓVALOS LIBERTADORES Y MARTIN CHAMBI DE LA CUIDAD DEL CUSCO
TESISTAS:	Susan Mercedes Tairo Peralta
	Marco Antonio Farfan Huaman
INTERSECCION:	NUMERO DE CALZADAS:
DIA:	
SENTIDO DE CIRCULACION	
ANCHO DE CALZADA	
PENDIENTE	
ANCHO DE SEPARADOR	
NUMERO DE CARRILES	
ANCHO DE CARRIL	
ANCHO D BERMA	

Figura 19 : Formato de ficha de características geométricas de la vía
Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4. Ficha de características semafóricas de la vía

Son fichas elaboradas para hacer el inventario de las señales tanto verticales como horizontales.

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VÍA	
TESIS:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGÍA DETERMINÍSTICA DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y LA METODOLOGÍA DE LA MICRO SIMULACIÓN PARA EL CALCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y CONGESTIÓN VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO ÓVALOS LIBERTADORES Y MARTIN CHAMBI DE LA CIUDAD DEL CUSCO
TESISTAS:	Susan Mercedes Tairo Peralta Marco Antonio Farfan Huaman
INTERSECCION:	
DIA:	
CANTIDAD DE SEÑALES VERTICALES	
CANTIDAD DE SEÑALES HORIZONTALES/DEMARCAC	
TIEMPO DE SEMAFORIZACIONES	VERDE
	AMBAR
	ROJO

Figura 20 : Formato de ficha de características semafóricas de la vía
Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Instrumentos de ingeniería:

3.4.2.1. Cámara filmadora:

Esta herramienta se usó para la determinación de movimientos, aforo vehicular y peatonal, lo cual fue instalada en lugares estratégicos para así poder hacer en gabinete su respectivo cálculo.



Figura 21: Cámara y Gopro Hero4
Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2. SYNCHRO 8 educacional:

Instrumento de ingeniería de transportes designada a la simulación por seguimiento vehicular en intersecciones.



Figura 22: Synchro 8 educacional
Fuente: Elaboración propia

3.4.2.3. Civil 3D educacional

Instrumento utilizado para procesar los datos obtenidos por la estación total en el proceso del levantamiento topográfico.

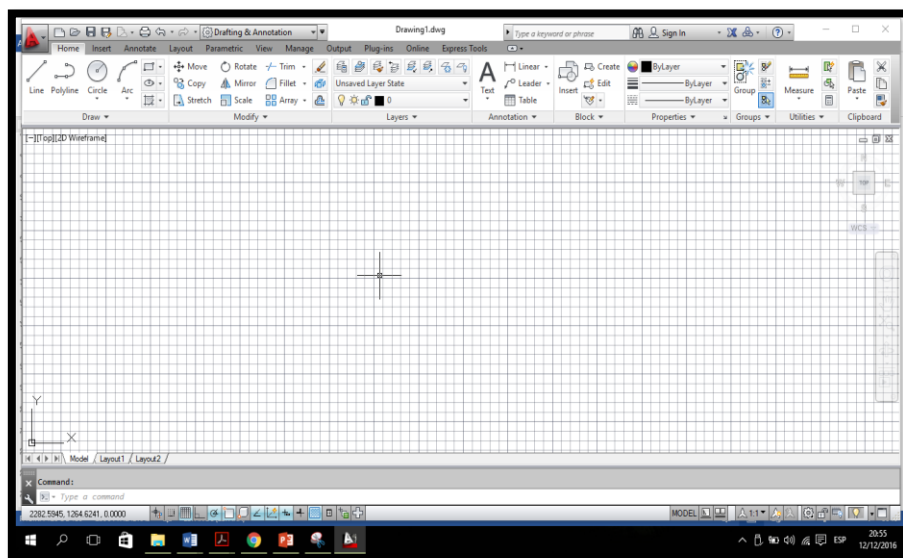


Figura 23: Toma de pantalla
Fuente: Elaboración propia



3.5. Procedimientos de recolección de datos:

3.5.1. Codificación de movimientos vehiculares

Para el fácil manejo de los sentidos en las vías, se procedió a codificarlas de acuerdo al movimiento vehicular, con el fin de unificar los ramales dándoles nomenclaturas que serán procesadas en los gráficos siguientes.

3.5.2. Codificación de movimientos peatonales

Se definen las pintas en los pavimentos como son las cebras he islas para peatones para lo cual se observa la transitabilidad de estos, una vez identificado se procede a darles sus respectivas nomenclaturas con la finalidad de mejor manejo de sus movimientos los cuales se presentarán en los gráficos siguientes.

3.5.3. Identificación de puntos de aforo

Nos ubicamos en lugares estratégicos para el respectivo aforo vehicular y peatonal lo cual hace que no interfiera en la toma de datos ni altere estos por la interrupción de nuestra presencia.

- Ovalo de Libertadores
- Ovalo de Chambi

3.5.4. Registro filmico

Para tal efecto de obtener un mejor calculo consideramos realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana por lo cual podemos determinar el comportamiento del flujo vehicular en cada OVALO y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se procede a realizar los videos de: 7:30 am a 8:30 am. Buscó tener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta para lo cual nos permita hacer el aforo manualmente.

No obstante, mencionamos que la tomas de los respectivos aforos vehiculares y peatonales se realizaron en el mes de febrero del 2019.

Con el registro de videos se define el movimiento de vehicular y peatonal para registrarlos en las fichas de aforo en gabinete.



3.5.5. Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales

Para el cálculo de los aforos vehiculares con fines de determinar los niveles de servicio y capacidades que definen en los óvalos de estudio, obteniendo los siguientes datos:

- Definición vehicular (livianos, pesados).
- Coincidencia de vehículos.
- Transitabilidad de vehículos en intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Cálculo de volúmenes vehicular y peatonal

3.5.6. Recolección de las características geométricas de la vía.

La forma apropiada de realizar el trabajo en campo fue haciendo un levantamiento topográfico considerando las cualidades de las vías, así como:

- Rumbo de la vía
- Sección de vía
- Declive de calzada (%)
- Márgenes de secciones
- Numero de vías
- Amplitud de carriles
- Amplitud de veredas

Se codificó las calzadas en cada punto como se detalla:

3.6. Procedimiento y análisis de datos:

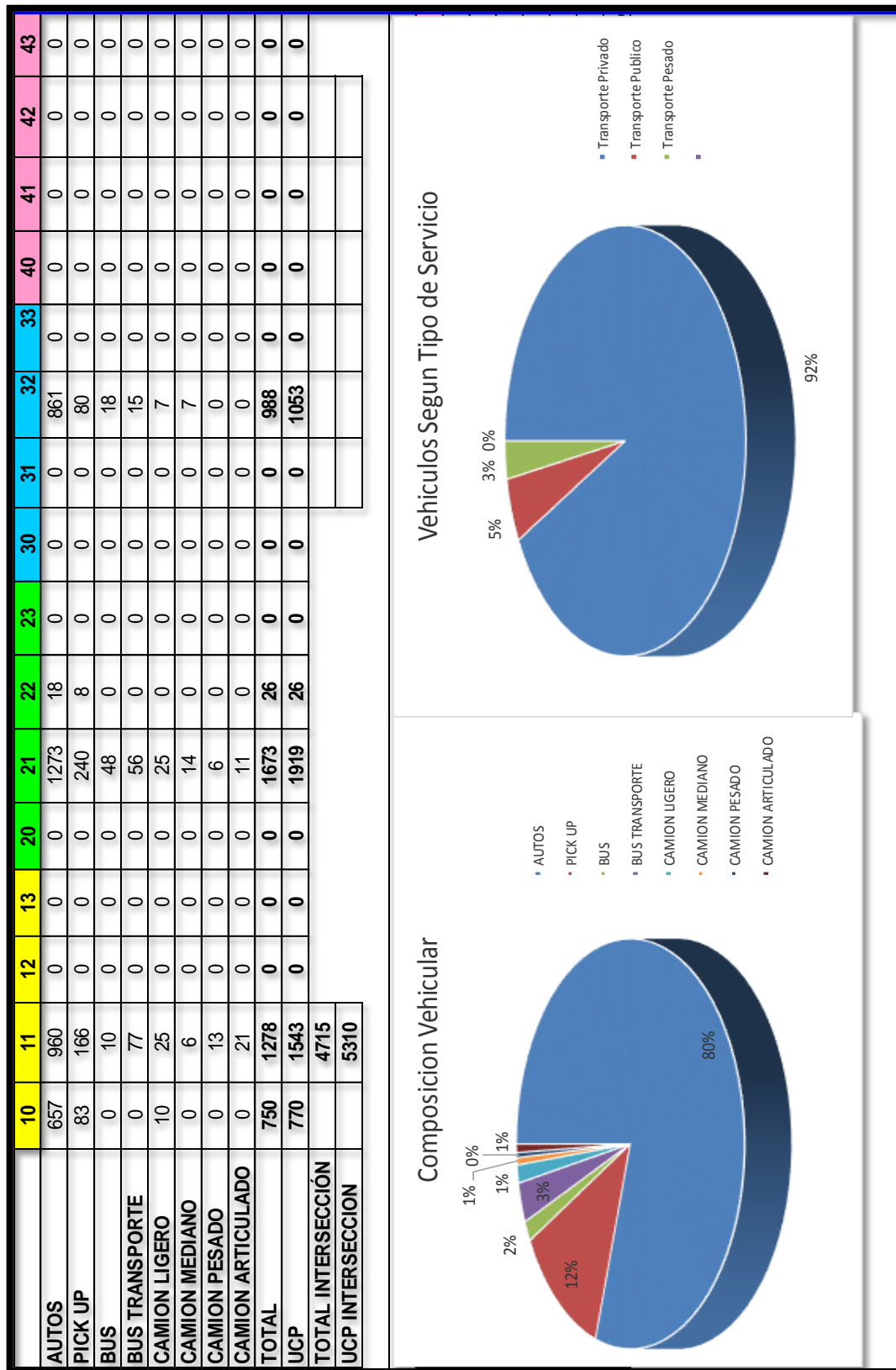


Figura 24: Composición del tráfico en Ovalo Chambi – confraternidad

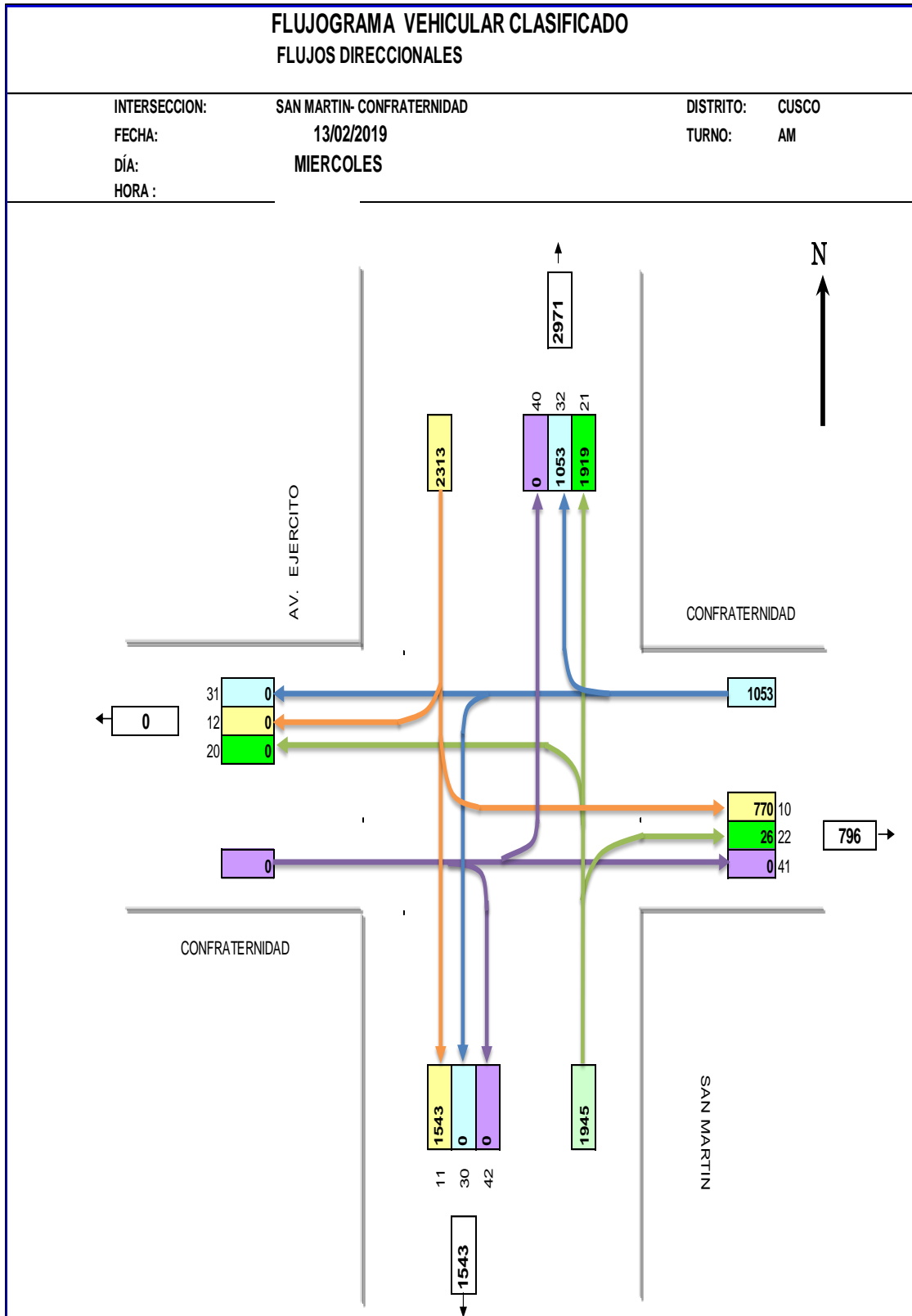


Figura 25: Aforos en intersección calle confraternidad y Av. Alameda Pachacutec

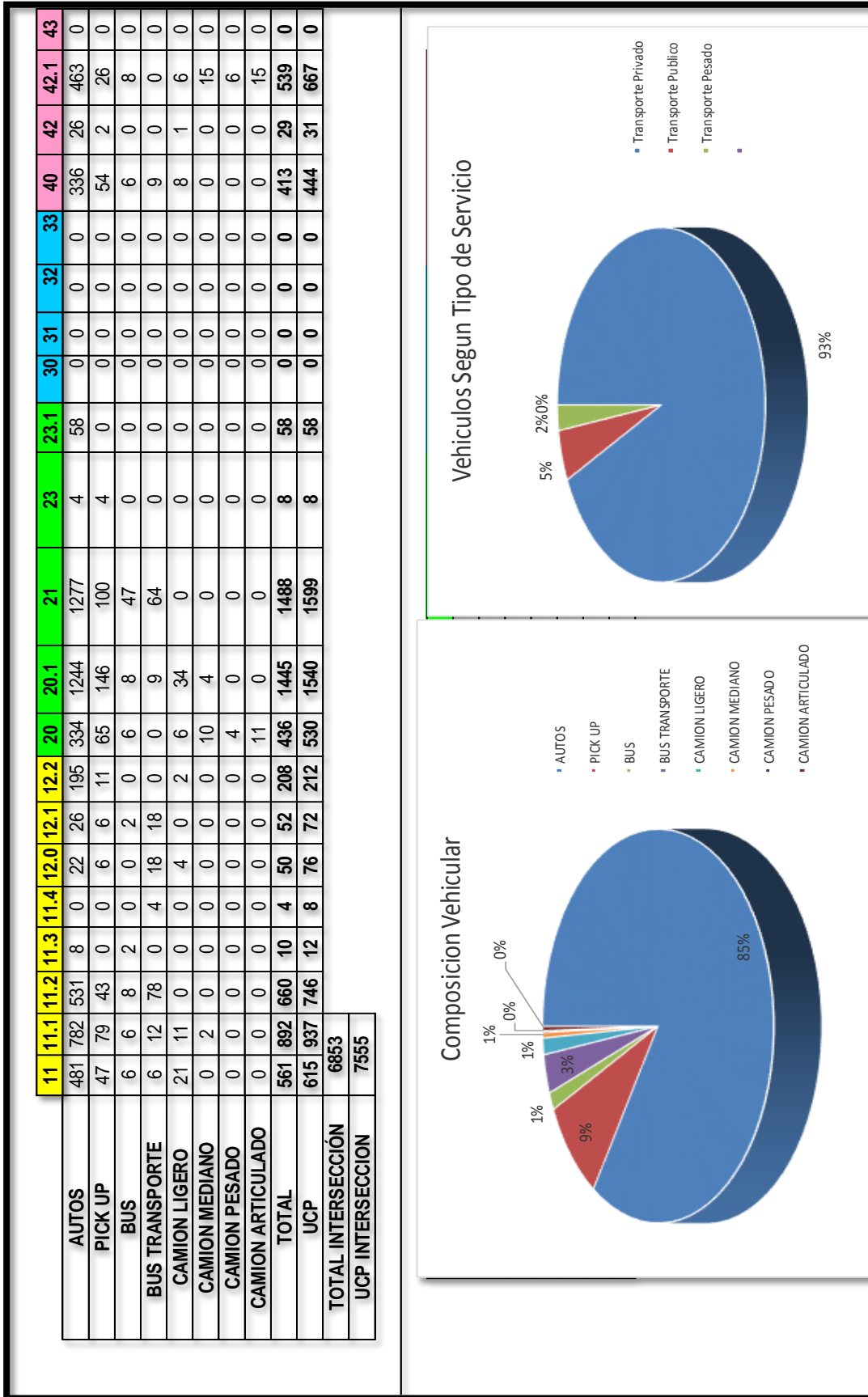


Figura 26: Composición del tráfico - Ovalo Martin Chambi.y Av.Ejercito

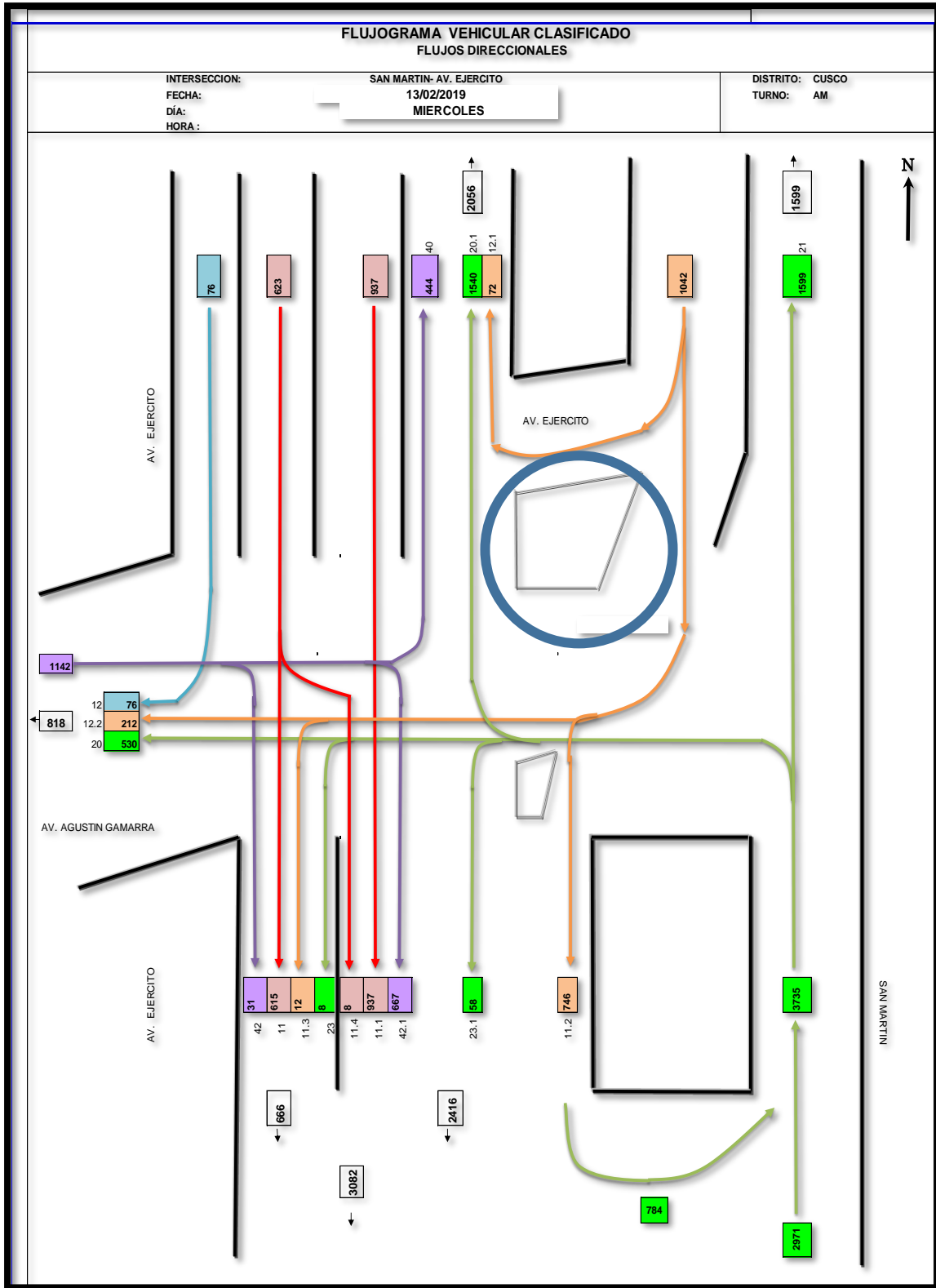


Figura 27: Aforos en Ovalo Martín Chambi.

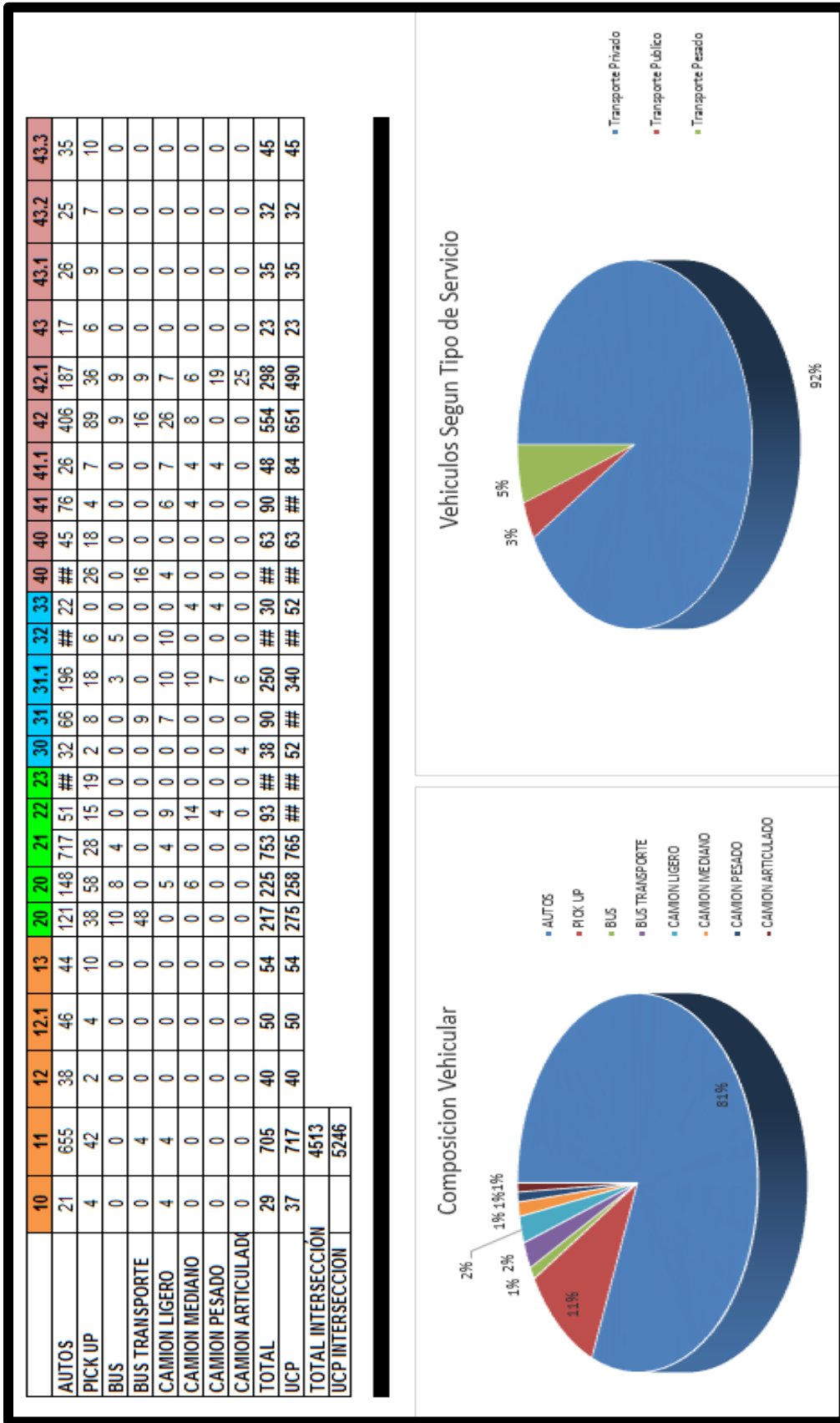


Figura 28: Aforos en Ovalo de los Libertadores

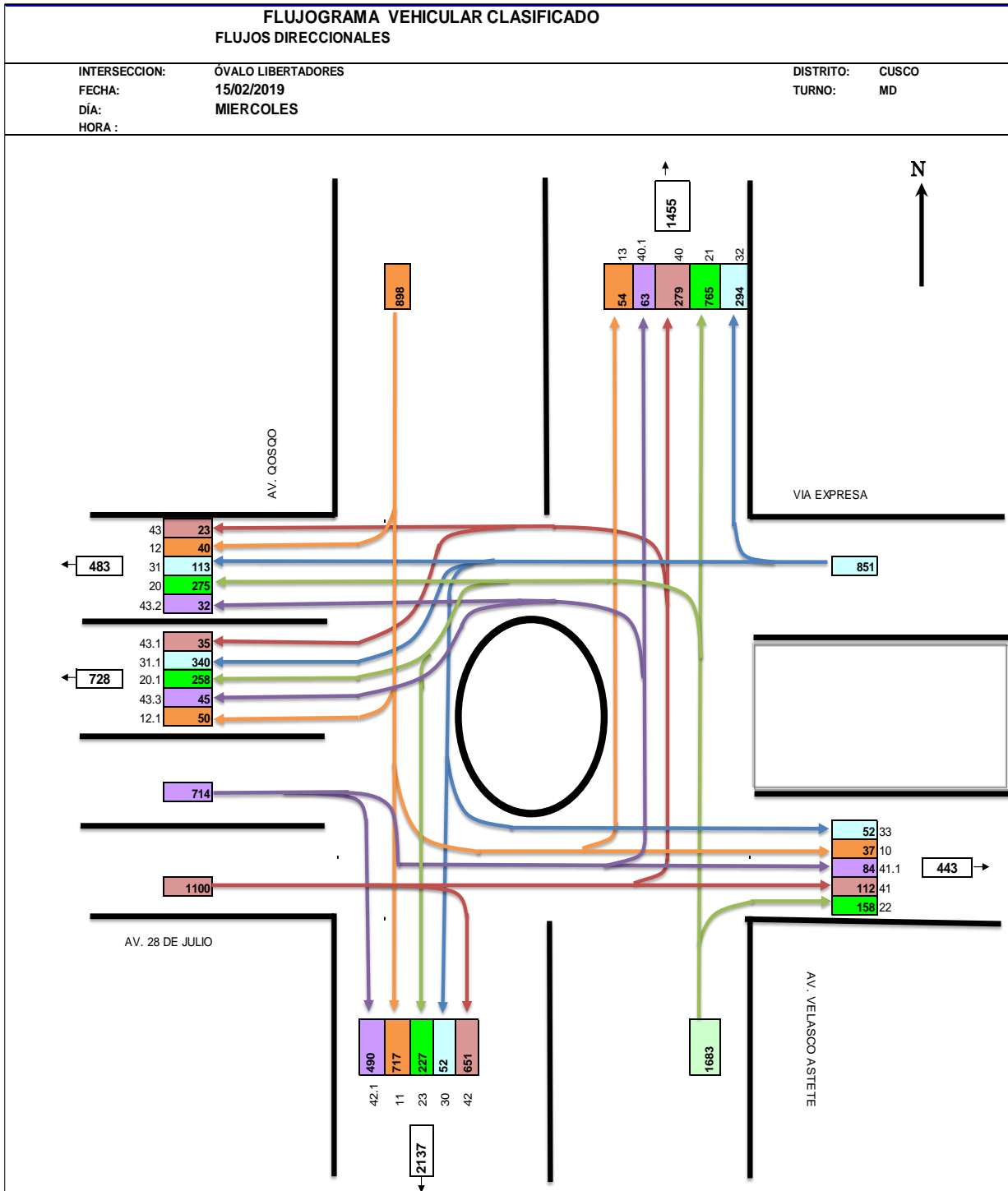


Figura 29: Aforos en Ovalo de los Libertadores

3.6.1. Recolección de características semafóricas

Se hizo la toma de tiempos semaforizados (rojo, ámbar y verde) en las respectivas intersecciones de los óvalos.



Figura 30: Semáforo en luz verde calle confraternidad

Fuente: imagen Tomado por los Tesistas



Figura 31: Semáforo en luz ámbar calle confraternidad

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32 : Semáforo en luz roja calle confraternidad

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: *Tiempos semafóricos Ovalo Libertadores*

OVALO LIBERTADORES					
TIEMPO SEMAFORICO (SEG.)	NIVELES	SEMÁFORO AV. VELASCO ASTETE	SEMÁFORO AV. QOSCO	SEMÁFORO AV. 28 DE JULIO	SEMÁFORO VÍA EXPRESA
	ROJO	55	40	55	50
	AMARILLO	3	3	3	3
	VERDE	45	50	35	40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: *Tiempos semafóricos Ovalo M. Chambi.*

OVALO CHAMBI							
TIEMPO SEMAFORICO (SEG.)	NIVELES	SEMÁFORO CONFRATERNIDAD	SEMÁFORO AV. SAN MARTIN 1	SEMÁFORO AV. AGUSTIN GAMARRA	SEMÁFORO AV. EJERCITO	SEMÁFORO ALAMEDA PACHACUTE	SEMÁFORO AV. SAN MARTIN 2
	ROJO	30	40	60	70	60	30
	AMARILLO	3	3	3	3	3	3
	VERDE	40	30	35	30	30	60

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV: Resultados

Tabla 9: Resultados de Evaluación - Ovalo de Libertadores Metodología HCM 2010

ROUNDABOUTS - UNSIGNALIZED INTERSECTIONS WORKSHEET					
General Information			Site Information		
Analyst	SUSAN TAYRO PERALTA		Intersection	OVALO DE LIBERTADORES	
Agency/Co.			Jurisdiction	DISTRITO DE WANCHAC	
Date Performed	27/03/2019		Analysis Year	2019	
Time Period	PICO AM				
Project Description EVALUACION DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO					
Volume Adjustments					
		EB	WB	NB	SB
LT Traffic	Volume, veh/h	342	52	533	37
	PHF	0.92	0.92	0.92	0.92
	Flow rate, veh/h	371	56	579	40
TH Traffic	Volume, veh/h	196	505	765	717
	PHF	0.92	0.92	0.92	0.92
	Flow rate, veh/h	213	548	831	779
RT Traffic	Volume, veh/h	1141	294	158	90
	PHF	0.92	0.92	0.92	0.92
	Flow rate, veh/h	1240	319	171	97
Approach Flow Computation					
Approach Flow (veh/h)			Va (veh/h)		
V _{ae}			1824		
V _{aw}			923		
V _{an}			1581		
V _{as}			916		
Circulating Flow Computation					
Approach Flow (veh/h)			Vc (veh/h)		
V _{ce}			875		
V _{cw}			1781		
V _{cn}			624		
V _{cs}			1183		
Capacity Computation					
		EB	WB	NB	SB
Capacity	Upper bound	689	323	845	535
	Lower bound	540	233	676	408
v/c Ratio	Upper bound	2.65	2.86	1.87	1.71
	Lower bound	3.38	3.96	2.34	2.25

Tabla 10: Resultado del análisis determinístico - Ovalo Martín Chambi.

ROUNDABOUTS - UNSIGNALIZED INTERSECTIONS WORKSHEET					
General Information			Site Information		
Analyst	SUSAN TAYRO PERALTA		Intersection	OVALO DE MARTIN CHAMBI	
Agency/Co.			Jurisdiction	DISTRITO DE WANCHAC	
Date Performed	27/03/2019		Analysis Year	2019	
Time Period	PICO AM				
Project Description EVALUACION DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO					
Volume Adjustments					
		EB	WB	NB	SB
LT Traffic	Volume, veh/h	8	444	1599	0
	PHF	0.92	0.92	0.92	0.92
	Flow rate, veh/h	8	482	1738	0
TH Traffic	Volume, veh/h	530	0	1599	1560
	PHF	0.92	0.92	0.92	0.92
	Flow rate, veh/h	576	0	1738	1695
RT Traffic	Volume, veh/h	1540	698	0	76
	PHF	0.92	0.92	0.92	0.92
	Flow rate, veh/h	1673	758	0	82
Approach Flow Computation					
Approach Flow (veh/h)			Va (veh/h)		
V _{ae}			2257		
V _{aw}			1240		
V _{an}			3476		
V _{as}			1777		
Circulating Flow Computation					
Approach Flow (veh/h)			Vc (veh/h)		
V _{ce}			2177		
V _{cw}			3484		
V _{cn}			584		
V _{cs}			2220		
Capacity Computation					
		EB	WB	NB	SB
Capacity	Upper bound	230	71	872	221
	Lower bound	159	42	700	152
v/c Ratio	Upper bound	9.81	17.46	3.99	8.04
	Lower bound	14.19	29.52	4.97	11.69

Tabla 11: Tabla de Niveles de Servicio según V/C ratios.

v/c ratio	Roundabout									Signals		
	Circulating flow rate (pcu/h)									Cycle time (s)		
	1100			600			300			90	90	90
	Capacity (veh/h)									Capacity (veh/h)		
	376			620			837			?	?	?
	Proportion of time when gaps are available, u									Green time ratio, u		
	0.33			u = 0.55			u = 0.74			0.30	0.40	0.50
	Del. (s)	Draft Ch 21 LOS	Proposed LOS Tab. 1	Del. (s)	Draft Ch 21 LOS	Proposed LOS Tab. 1	Del. (s)	Draft Ch 21 LOS	Proposed LOS Tab. 1	HCM LOS	HCM LOS	HCM LOS
0.50	21	C	C	14	B	B	11	B	B	C	C	B
0.70	33	D	C	22	C	C	17	C	B	C	C	C
0.85	49	D	D	34	D	C	28	D	C	D	C	C
0.92	62	F	E	45	E	D	37	E	D	E	D	D
1.00	80	F	F	62	F	E	53	F	E	E	D	D

Proposed LOS thresholds for roundabouts are given in Table 1.
 LOS values for Signals are those given in the Roundabout LOS Threshold document.

De acuerdo a las tablas del Manual HCM 2010 para Niveles de servicio se tiene los siguientes resultados:

- Ovalo de Libertadores: **Nivel de servicio (F)**
- Ovalo de Martín Chambi: **Nivel de servicio (F)**

Intersection Performance - Hourly Values	
Performance Measure	Vehicles
Demand Flows (Total)	4992 veh/h
Percent Heavy Vehicles	4.3 %
Degree of Saturation	2.245
Practical Spare Capacity	-62.1 %
Effective Intersection Capacity	2223 veh/h
Control Delay (Total)	410.02 veh-h/h
Control Delay (Average)	295.7 sec
Control Delay (Worst Lane)	1132.6 sec
Control Delay (Worst Movement)	1132.6 sec
Geometric Delay (Average)	5.9 sec
Stop-Line Delay (Average)	295.7 sec
Intersection Level of Service (LOS)	LOS F
95% Back of Queue - Vehicles (Worst Lane)	419.8 veh
95% Back of Queue - Distance (Worst Lane)	3067.1 m
Total Effective Stops	23149 veh/h
Effective Stop Rate	4.64 per veh
Proportion Queued	0.94
Performance Index	890.5
Travel Distance (Total)	2907.4 veh-km/h
Travel Distance (Average)	582 m
Travel Time (Total)	475.8 veh-h/h
Travel Time (Average)	343.2 sec
Travel Speed	6.1 km/h
Cost (Total)	14122.71 \$/h
Fuel Consumption (Total)	994.2 L/h
Carbon Dioxide (Total)	2490.4 kg/h
Hydrocarbons (Total)	5.101 kg/h
Carbon Monoxide (Total)	125.24 kg/h
NOx (Total)	3.610 kg/h

Figura 33: Evaluación de la intersección para la hora punta.- Ovalo Libertadores



Tabla 12: Resultados para la modelación en micro simulación (modelo de seguimiento vehicular) para el Ovalo Libertadores.

VISSIM RESULTADOS						
MOVIMIENTO	COLA (m)	Cola Maxima	AFORO	CAPACIDAD	LOS(ALL)	DEMORAS (SEG/VEH)
1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-3: 28 DE JULIO-CENTRAL@20.2	47.69	91.85	0	0	LOS_F	
1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	47.69	91.85	0	0	LOS_F	
1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-5@12.5	47.69	91.85	109	654	LOS_D	43.25
1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	47.69	91.85	40	240	LOS_D	45.57
1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-9@12.8	47.69	91.85	3	18	LOS_C	34.23
1-2: 28 DE JULIO-BAJADA CENTRAL@61.1-3: 28 DE JULIO-CENTRAL@20.2	66.64	92.6	0	0	LOS_F	
1-2: 28 DE JULIO-BAJADA CENTRAL@61.1-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	66.64	92.6	0	0	LOS_F	
1-2: 28 DE JULIO-BAJADA CENTRAL@61.1-5@12.5	66.64	92.6	6	36	LOS_F	97.91
1-2: 28 DE JULIO-BAJADA CENTRAL@61.1-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	66.64	92.6	71	426	LOS_F	109.51
1-2: 28 DE JULIO-BAJADA CENTRAL@61.1-9@12.8	66.64	92.6	4	24	LOS_F	89.41
1-6: AV. VELASCO ASTETE@32.2-3: 28 DE JULIO-CENTRAL@20.2	35.48	55.06	48	288	LOS_D	45.74
1-6: AV. VELASCO ASTETE@32.2-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	35.48	55.06	34	204	LOS_D	42.13
1-6: AV. VELASCO ASTETE@32.2-5@12.5	35.48	55.06	0	0	LOS_F	
1-6: AV. VELASCO ASTETE@32.2-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	35.48	55.06	31	186	LOS_D	45.17
1-6: AV. VELASCO ASTETE@32.2-9@12.8	35.48	55.06	17	102	LOS_D	40.07
1-8: VIA EXPRESA INGRESO @56.1-3: 28 DE JULIO-CENTRAL@20.2	10.34	51.34	54	324	LOS_C	24.79
1-8: VIA EXPRESA INGRESO @56.1-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	10.34	51.34	46	276	LOS_C	26.51
1-8: VIA EXPRESA INGRESO @56.1-5@12.5	10.34	51.34	2	12	LOS_E	62.65
1-8: VIA EXPRESA INGRESO @56.1-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	10.34	51.34	0	0	LOS_F	
1-8: VIA EXPRESA INGRESO @56.1-9@12.8	5.36	51.34	36	216	LOS_C	22.86
1-10: AV. CUSCO@29.0-3: 28 DE JULIO-CENTRAL@20.2	29.84	52.41	0	0	LOS_F	
1-10: AV. CUSCO@29.0-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	29.84	52.41	17	102	LOS_D	49.51
1-10: AV. CUSCO@29.0-5@12.5	29.84	52.41	81	486	LOS_D	46.39
1-10: AV. CUSCO@29.0-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	29.84	52.41	8	48	LOS_D	39.43
1-10: AV. CUSCO@29.0-9@12.8	29.84	52.41	0	0	LOS_F	
1	31.73	92.6	607	3642	LOS_F	



Figura 34: Análisis de conflictos en microsimulación

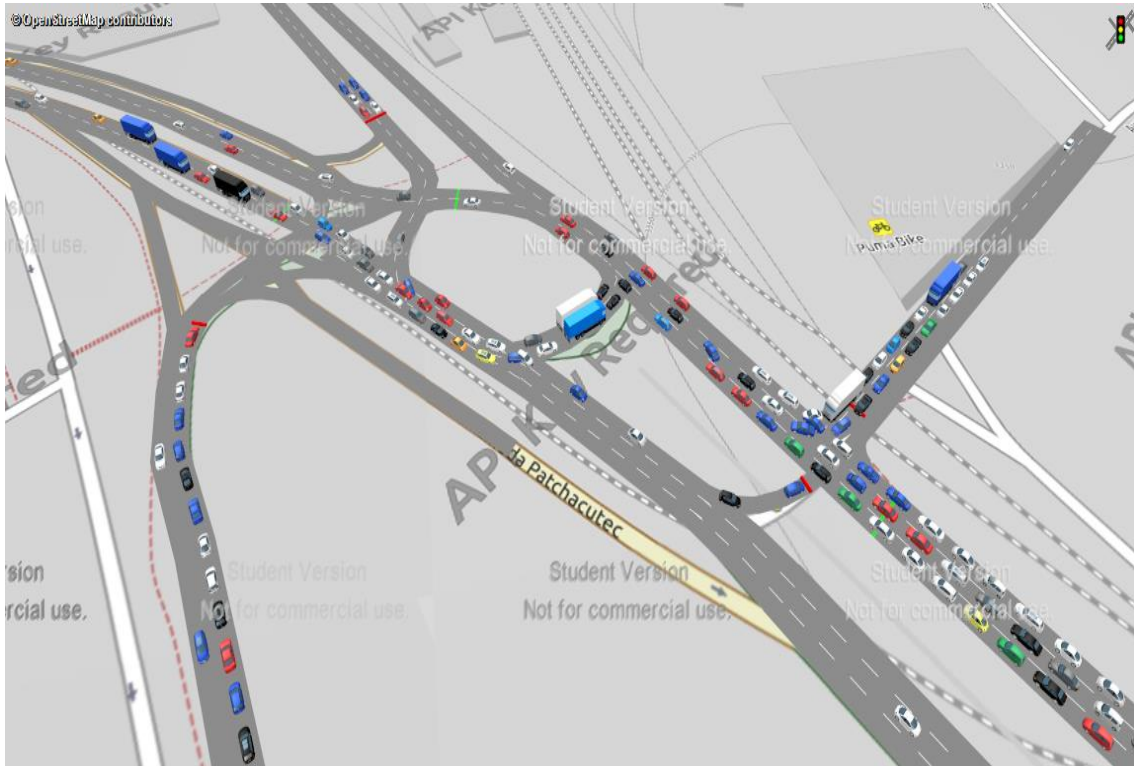


Figura 35: Modelación por seguimiento vehicular.

Tabla 13: Resultados de la evaluación con micro simulación-Ovalo de Martin Chambi

VISSIM RESULTADOS						
MOVIMIENTO	COLA (m)	Cola Maxima	AFORO	CAPACIDAD	LOS(ALL)	DEMORAS (SEG/VEH)
1-1: AV. San Martin@93.7-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	139.65	341.35	26	156	LOS_F	134.57
1-1: AV. San Martin@93.7-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-1: AV. San Martin@93.7-9: Ca. San Martin@37.0	222.79	341.35	2	12	LOS_F	267.73
1-1: AV. San Martin@93.7-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	198.26	313.37	0	0	LOS_F	
1-1: AV. San Martin@93.7-10017@42.4	53.39	98.42	18	108	LOS_D	45.13
1-1: AV. San Martin@93.7-10018@40.2	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-3: Alameda Pachacutec@22.7-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	182.5	289.5	0	0	LOS_F	
1-3: Alameda Pachacutec@22.7-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	182.5	289.5	119	714	LOS_F	103.03
1-3: Alameda Pachacutec@22.7-9: Ca. San Martin@37.0	105.9	165.9	117	702	LOS_F	87.4
1-3: Alameda Pachacutec@22.7-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	182.5	289.5	2	12	LOS_F	108.25
1-3: Alameda Pachacutec@22.7-10018@40.2	182.5	289.5	29	174	LOS_F	106.64
1-7: Av. del Ejercito@115.4-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	10.57	44.87	0	0	LOS_F	
1-7: Av. del Ejercito@115.4-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	10.57	44.87	0	0	LOS_F	
1-7: Av. del Ejercito@115.4-9: Ca. San Martin@37.0	10.57	44.87	0	0	LOS_F	
1-7: Av. del Ejercito@115.4-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	10.57	44.87	166	996	LOS_C	25.34
1-7: Av. del Ejercito@115.4-10018@40.2	10.57	44.87	0	0	LOS_F	
1-10013@20.4-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	0.03	12.06	23	138	LOS_E	58.44
1-10019@55.7-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-10019@55.7-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-10019@55.7-9: Ca. San Martin@37.0	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-10019@55.7-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	198.26	313.37	0	0	LOS_F	
1-10019@55.7-10018@40.2	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-10021@24.9-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	222.79	341.35	4	24	LOS_F	84.96
1-10021@24.9-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1-10021@24.9-9: Ca. San Martin@37.0	222.79	341.35	1	6	LOS_F	307.7
1-10021@24.9-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	198.26	313.37	13	78	LOS_F	130.56
1-10021@24.9-10018@40.2	222.79	341.35	0	0	LOS_F	
1	103.74	341.35	520		LOS_F	74.11

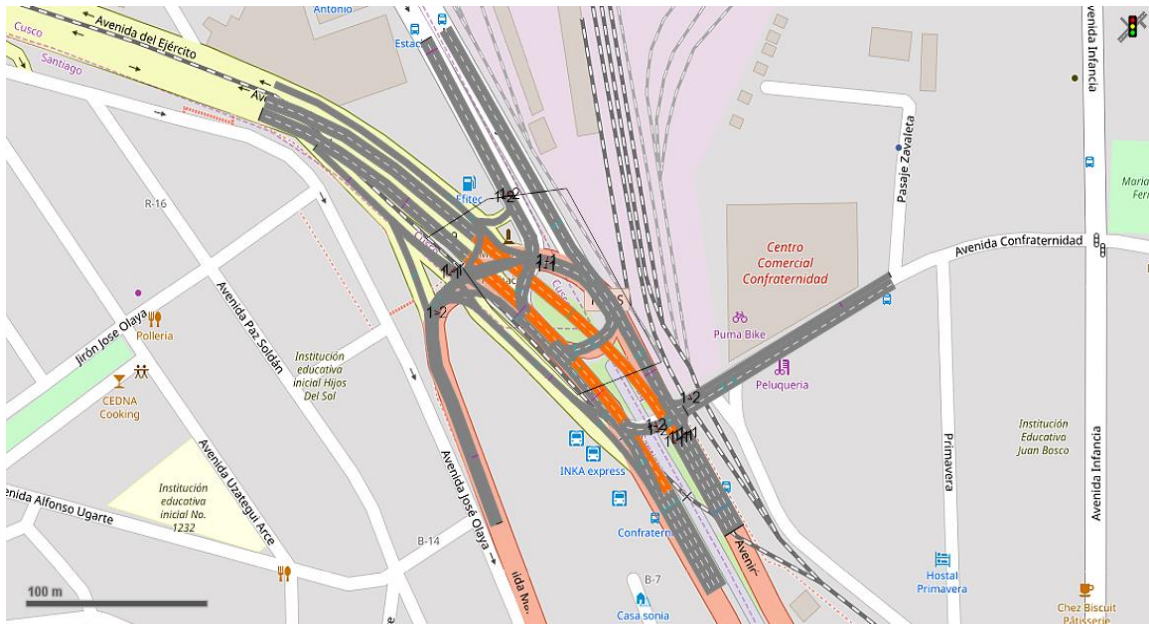


Figura 36: Propuesta de solución para Ovalo Martín Chambi –paso a desnivel

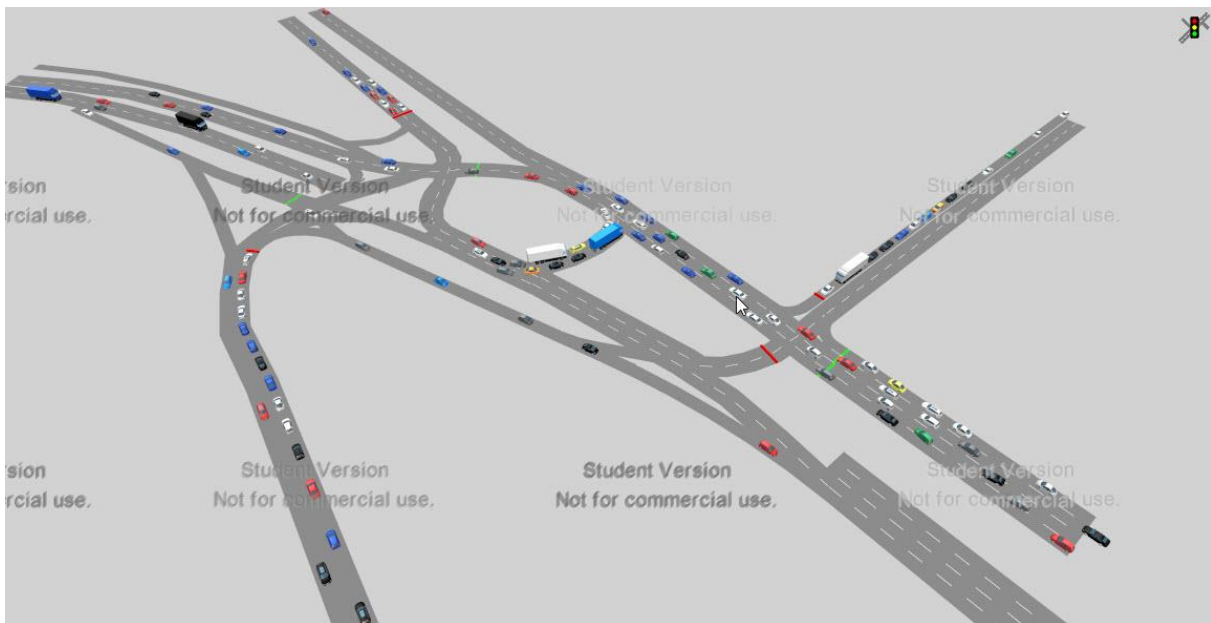


Figura 37 : Propuestas de simplificación de flujos en dirección a Av. Ejército y ampliación de capacidad de salida



Tabla 14: Resultados de la evaluación con micro simulación-Ovalo Martin Chambi para la propuesta

SIMULACION	INTERVALO	MOVEMENT	QLENMAX	VEH S (ALL)	LOS (ALL)	DEMORAS
14	0-600	1-1: AV. San Martin@93.7-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	102.2	43	LOS_E	58.55
14	0-600	1-1: AV. San Martin@93.7-9: Ca. San Martin@37.0	98.43	12	LOS_D	41.54
14	0-600	1-1: AV. San Martin@93.7-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	20.53	0	LOS_F	
14	0-600	1-1: AV. San Martin@93.7-10017@42.4	98.43	26	LOS_D	37.21
14	0-600	1-1: AV. San Martin@93.7-10018@40.2	78.65	0	LOS_F	
14	0-600	1-3: Alameda Pachacutec@20.1-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	78.65	28	LOS_C	22.99
14	0-600	1-3: Alameda Pachacutec@20.1-9: Ca. San Martin@37.0	0	135	LOS_C	26.8
14	0-600	1-3: Alameda Pachacutec@20.1-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	78.65	3	LOS_C	28.35
14	0-600	1-3: Alameda Pachacutec@20.1-10018@40.2	78.65	18	LOS_D	49.22
14	0-600	1-7: Av. del Ejercito@116.2-10014@99.4	0	166	LOS_A	0.03
14	0-600	1-10013@21.1-2: Av. del Ejercito -derecha@6.3	0	47	LOS_C	33.17
14	0-600	1-10021@24.9-14: Av. Alameda Pachacutec1@23.3	0	64	LOS_C	34.48
14	0-600	1-10021@24.9-10018@40.2	0	0	LOS_A	
14	0-600	1-10026@48.2-6: Av. del Ejercito-Centro@16.5	0	223	LOS_A	3.09
14	0-600	1	102.2	765	LOS_C	17.88

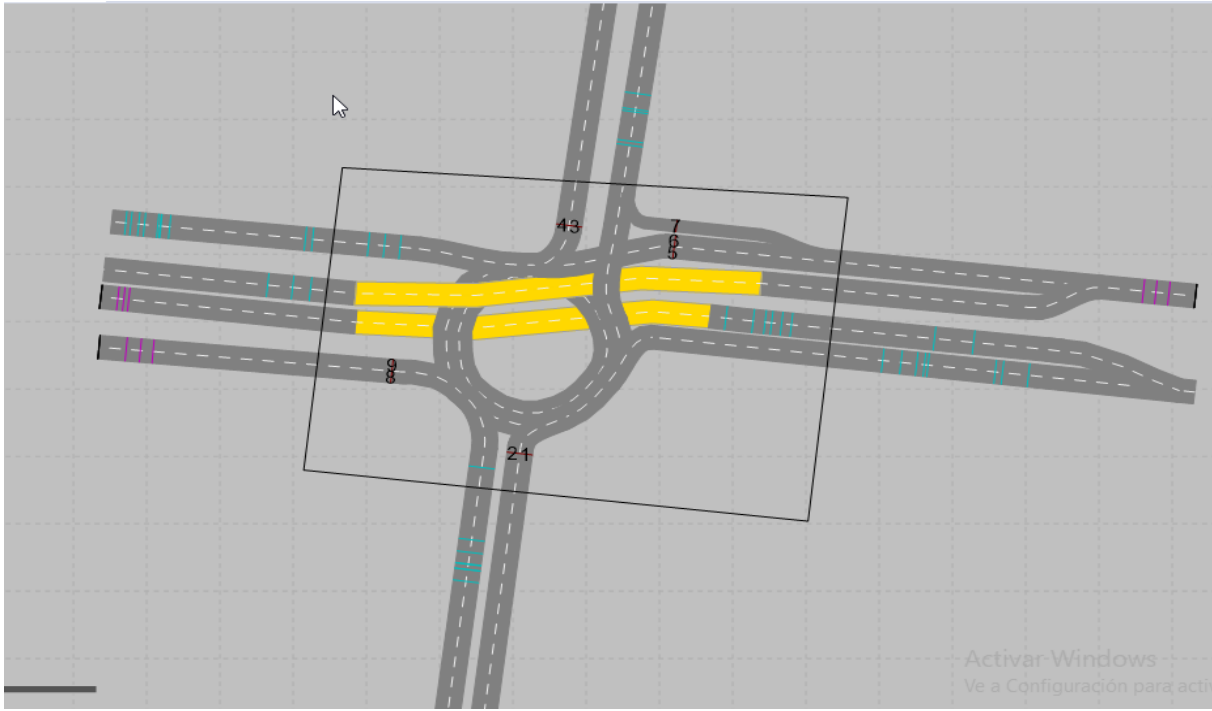


Figura 38: Propuesta de solución para Ovalo Libertadores –paso a desnivel

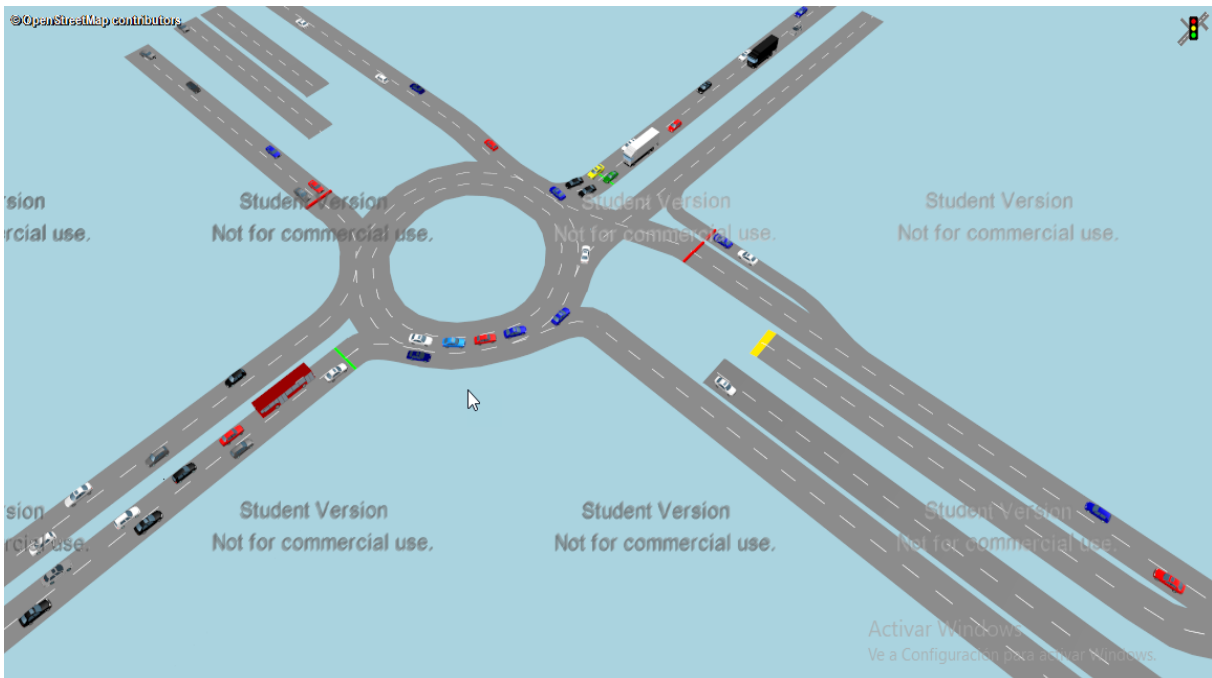


Figura 39: Propuesta de solución para Ovalo Libertadores –paso a desnivel



Tabla 15: Resultados de la evaluación con micro simulación-ovaló de los libertadores para la propuesta

INTERVALO	MOVEMENT	COLA MAX	VEHICULOS	NDS	DEMORAS
0-600	1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	88.5	0	LOS_F	
0-600	1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-5@12.5	88.5	135	LOS_C	23.77
0-600	1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	88.5	53	LOS_C	21.13
0-600	1-1: 28 DE JULIO-BAJADA DERECHA@59.9-9@12.8	88.5	4	LOS_C	32.28
0-600	1-2: 28 DE JULIO-BAJADA CENTRAL@61.1-13@33.4	0	125	LOS_A	0.02
0-600	1-6: AV. VELASCO ASTETE@99.6-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	122.4 4	117	LOS_E	66.22
0-600	1-6: AV. VELASCO ASTETE@99.6-5@12.5	122.4 4	0	LOS_F	
0-600	1-6: AV. VELASCO ASTETE@99.6-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	122.4 4	46	LOS_E	62.88
0-600	1-6: AV. VELASCO ASTETE@99.6-9@12.8	122.4 4	23	LOS_D	54.62
0-600	1-8: VIA EXPRESA INGRESO @97.7-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	33.27	46	LOS_C	20
0-600	1-8: VIA EXPRESA INGRESO @97.7-5@12.5	33.27	2	LOS_D	42.56
0-600	1-8: VIA EXPRESA INGRESO @97.7-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	33.27	0	LOS_F	
0-600	1-8: VIA EXPRESA INGRESO @97.7-9@12.8	33.27	37	LOS_C	20.21
0-600	1-10: AV. CUSCO@81.3-4: 28 DE JULIO-DERECHO@24.4	104.6 6	17	LOS_F	109.05
0-600	1-10: AV. CUSCO@81.3-5@12.5	104.6 6	67	LOS_F	92.27
0-600	1-10: AV. CUSCO@81.3-7: VIA EXPRESA-SALIDA@49.4	104.6 6	6	LOS_F	88.08
0-600	1-10: AV. CUSCO@81.3-9@12.8	104.6 6	0	LOS_F	
0-600	1-14: VIA EXPRESA INGRESO @50.1-3: 28 DE JULIO-CENTRAL@8.0	0	55	LOS_A	0.02
0-600	1	122.4 4	733	LOS_D	36.39



Capítulo V: Discusión

Discusión 1:

¿El modelamiento o cálculo entre los 2 métodos nos da los mismos resultados?

No, el método determinístico únicamente considera el efecto del conflicto entre volúmenes de tráfico para cada uno de los sentidos con conflicto. No considera las operaciones al ingreso del ovalo como semaforización y las interacciones de movimientos detallados.

La microsimulación si considera los efectos operacionales por presencia de semaforización.

Discusión 2:

¿Es compatible la aplicación de la metodología del HCM (Highway Capacity Manual) en el Perú?

Si, puesto que el HCM es un manual norteamericano, y su aplicación de este manual es de facil acceso lo cual permite usar sus fórmulas para calcular los niveles de servicio y capacidad de nuestras vías lo cual no contamos por no tener un manual definido, si bien es cierto se nota la presencia de algunos capítulos en el manual de diseño geométrico que ya dan realce a este manual acoplándose así al HCM.

Al igual la metodología de seguimiento vehicular usa las tablas del HCM para determinar los niveles de servicio en base a las demoras por ingreso. Todos los valores de la simulación representan valores locales como geometría, volumen de tráfico, velocidad de circulación, interferencia peatonal y otros.

Discusión 3:

¿Por qué se verifica la diferencia de estudio en la capacidad y nivel de servicio?

La metodología del HCM 2010 que aplicamos, define la solución y cálculo para cada acceso con sus respectivas condiciones geométricas, características semaforicas, volúmenes vehiculares y peatonales, el cual hace que difieran y sea única la solución de cada calzada.

En el caso del método de seguimiento vehicular, también los niveles de servicio y las demoras se estiman por cada una de las llegadas o calles que ingresan a los óvalos.

**Discusión 4:**

¿Sería apropiado implementar la metodología HCM 2010 mencionados en el marco teórico en el Perú?

Si son posibles, en la bibliografía mencionada del capítulo dos, se observa párrafos de la normatividad vigente en nuestro país (MDGVU), también se observa que el manual de diseño geométrico de carreteras del MTC, se refiere explícitamente al cálculo de niveles de servicio y capacidades, de acuerdo a la metodología descrita en el Highway Capacity Manual 2010.

Discusión 5:

¿El análisis de la capacidad vial de un sistema vial es un estudio cualitativo?

Si, el análisis de capacidad vial de un sistema vial es un estudio cualitativo basado en indicadores cuantitativos obtenidos de los procesos de análisis y evaluaciones del sistema vial.

Discusión 6:

¿Es posible plantear una mejora o solución al problema de la congestión en los óvalos en estudio?

Si, dado que se han planteado soluciones para cada uno de los óvalos. Para el óvalo de Martín Chambi se ha mejorado la capacidad de salida de la avenida hacia Confraternidad, permitiendo a más vehículos salir del óvalo y descongestionar el sistema. Además, se ha generado un paso a desnivel subterráneo para la transpirabilidad de vehículos que va hacia Av. Ejército, en ambos sentidos, norte-sur y sur-norte, tal como se observa en los resultados de la propuesta, donde el nivel de servicio del óvalo es mejor que el estado actual.

Para el óvalo de los Libertadores, se tiene una propuesta de pase a desnivel subterráneo en dirección este-oeste y viceversa a lo largo de Av. 28 de Julio hacia Vía Expresa, eliminando de la congestión a nivel flujos importantes, mejorando la capacidad para aquellos en dirección Av. Cusco y Av. Velasco.



Glosario

Acceso:

Vía por la cual se ingresa y transita vehículos y peatones la cual genera intersecciones.

Calzada:

Parte de la vía designada para la transpirabilidad de vehículos. Que está compuesta por un número de carriles.

Capacidad vial:

Incremento de vehículos que transcurren por una sección durante un periodo determinado, bajo condiciones de su geometría y comportamiento de los beneficiarios.

Carril:

Banda longitudinal en que está delimitada por marcas en el pavimento las cuales hacen el confort del usuario.

Ciclo o longitud de ciclo:

Periodo en el cual define los tiempos de pasar rojo, ámbar y verde la cual completa su secuencia en toda su configuración

Conductor:

Persona encargada de conducir un vehículo motorizado.

Infraestructura vial:

Es el medio a través del cual se da conectividad terrestre, el cual brinda seguridad, confort, tiempos de demora, la cual nos permite acceder de un punto a otro.

Intersecciones viales:

Son elementos de la infraestructura vial por el cual cruzan dos o más vías ya sean a nivel o desnivel.

Nivel de servicio:

Medida cualitativa que permite describir un flujo vehicular definiendo la geometría, demoras, velocidad, etc. que dan las condiciones de la vía.



Pendiente:

Declive de una vertiente en la franja de vía.

Ramal:

Infraestructura vial por la cual acceden a las intersecciones.

Semáforos:

Son dispositivos que controlan el tráfico peatonal y vehicular en las zonas urbanas.

Transito:

Acción por la cual circulan frecuentemente vehículos, personas y demás ocasionando demoras en las secciones de vías.

Vehículo:

Es el medio en el cual el conductor transita por una vía.

Velocidad:

Se determina por el espacio que demora un vehículo en transitar una determinada sección A hacia B y viceversa.

Volumen de tránsito:

Se define como el número de vehículos que transitan una sección en un determinado tiempo

Vissim:

Herramienta de ingeniería de transportes que permite modelar el seguimiento vehicular.



Conclusiones

1. Se logró demostrar la Hipótesis general que determina:

“El nivel de servicio y congestión para el método determinístico es más elevado e impreciso que el calculado por el método de micro simulación.”

Se cumple la Hipótesis general, ya que los valores obtenidos para los óvalos en análisis son mayores para el método del HCM 2010 que aquellos realizados por la micro simulación y seguimiento vehicular.

Las condiciones semafóricas de campo optimizan de cierta manera el sistema y generan demoras menores. Los niveles de servicio para ambos casos es F como se muestra en las (tablas 9, 10, 12 y 13) que muestran la sobresaturación, necesitando soluciones de mayor nivel como pasos a desnivel en ambos casos.

2. Se logró demostrar la Sub hipótesis N° 01 la cual indica:

“Las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los Óvalos son diferentes para cada una de las metodologías de cálculo”.

Las características del tráfico no son las mismas para los modelos en evaluación.

Las características del método HCM 2010 son números exactos que se asumen circulan y salen de forma perfecta de los óvalos, mientras que en el modelo de seguimiento se consideran los efectos de interacción al interior del ovalo, la preferencia entre movimientos y la intensidad de cambio de carriles tratando de salir o elegir las rutas.

3. Se logró demostrar la Sub hipótesis N° 02 la cual indica:

“Las características geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martín Chambi, aplicando las metodologías determinísticas y micro simulación son diferentes”.

Las características geométricas no son las mismas para los modelos en evaluación. Las características del método HCM 2010 son geometrías ideales, según procesos estándares norteamericanos, y muestran formas perfectas de los óvalos, mientras que en el modelo de seguimiento se consideran los exacta del óvalo, este cambio o parámetro adicional condiciona la capacidad del óvalo y las demoras a las calles de ingreso.



4. Se logró demostrar la Sub hipótesis N° 03 la cual determina:

“Las Condiciones semafóricas y no semafóricas para las diferentes metodologías generan resultados diferentes para los óvalos analizados”.

Las características semafóricas no son las mismas para los modelos en evaluación. Las características del método HCM 2010 no consideran la semaforización de los óvalos a menos que sean semáforos inteligentes autorregulados, el método americano únicamente considera el conflicto de cruce entre vehículos tratando de cambiar carriles para poder llegar a su destino. La micro simulación nos permite modelar cualquier condición semafórica.

5. Se logró demostrar la Sub hipótesis N° 04 la cual determina:

“La relación V/C de los Óvalos de estudio Libertadores y Martín Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación, son diferentes”.

Se cumple la sub hipótesis 4, los valores de la tasa de saturación no son las mismas para los modelos en evaluación. Las características del método HCM 2010 estiman este parámetro mediante fórmulas de la metodología (tablas 9 y 10), mientras que en el método de micro simulación de seguimiento vehicular lo calcula después de modelar la interacción entre vehículos y los conflictos al interior del ovalo por la manera de cambio de carriles y las colas existentes, siendo este más realista (tablas 12 y 13).



Recomendaciones

Recomendación N°1

Las metodologías aplicadas a la presente tesis de investigación, si bien son aceptadas por la normativa peruana deberían adaptarse a la realidad de nuestro país para una mayor precisión, ya que el comportamiento vial es distinto en los Estados Unidos. La agresividad de los conductores y su comportamiento bajo condiciones de tráfico saturado son diferentes a realidades de países del primer mundo.

Recomendación N°2

Se recomienda el estudio con ambos métodos sólo en casos de tener condiciones cercanas a las ideales, donde la geometría y las condiciones de tráfico y semaforización sean compatibles con el Manual de Capacidad Vial. El ovalo Martin Chambi al ser menos estandarizado por su geometría caprichosa y estar cercana a una intersección semaforizada tiene un comportamiento que no puede ser bien estimado por el método del HCM 2010.

Recomendación N°3

Se recomienda la optimización semafórica y un nuevo rediseño geométrico de los óvalos como acción temporal. Se recomienda la construcción de pasos a desnivel para ambos casos ya que han llegado al colapso, siendo indispensable dar mayor fluidez a estos nodos muy cargados.

Recomendación N°4

Se propone buscar soluciones para el rediseño de estos óvalos con las metodologías de “turbo glorietas” (óvalos potenciados) y óvalos modernos en caso se opte por mantener la infraestructura a nivel.



Referencias

- AKCELIK, R. (2010). Highway Capacity Manual. Australia.
- BAÑON VASQUEZ & BEIVÁ GARCÍA José F., B. (2000). *Manual de carreteras*.
- CAL Y MAYOR & ASOCIADOS. (1998).
- CARDENAS, R. C. (2007).
- CORPORACION PERUANA DE INGENIEROS EN TRANSPORTES. (2012). *CALIDAD DEL SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO DE LA RUTA 104 " EL DORADO " EN LA CIUDAD DEL CUSCO*. CUSCO.
- CHAVEZ LOAYZA, V. (2005). *Manual de Diseño Geometrico de vias urbanas*.
- Depiante V. & (2011). (2011). *Capacidad en intersecciones no semaforizadas de tres ramas*. Cordoba , Argentina.
- El Ministerio de Transportes, C. V. (2001). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2001)*. Lima.
- GOMEZ. (2006).
- HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2014). *Metodología de la Investigación. 6ta*.
- KRAEMER, C. (s.f.). *Ingenieria de carreteras volumen I*.
- MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG. (2018).
- PTV VISSIM Manual del usuario. (s.f.).
- TAPIA. (2006).
- Universidad Tecnologica Nacional / Rocio Rolón, U. (s.f.). *DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS* . La Plata .
- vias, I. n. (s.f.). *Manual de Diseño Geometrico de Carreteras*.



Anexos



Matriz de consistencia:

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL MANUAL DE CAPACIDAD VIAL HCM 2010 Y LA METODOLOGÍA DE LA MICRO SIMULACIÓN PARA EL CALCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO Y CONGESTIÓN VIAL EN EL CASO DE ESTUDIO ÓVALOS LIBERTADORES Y MARTIN CHAMBI, DE LA CIUDAD DEL CUSCO.					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTES	DIMENSIÓN	INDICADORES
¿Cuál es el análisis comparativo entre las metodologías determinísticas del manual de capacidad vial HCM 2010 y la metodología de la micro simulación para el cálculo de los niveles de servicio y congestión vial en el caso de estudio Óvalos Libertadores y Martin Chambi, de la ciudad del Cusco?	Analizar y comparar las metodologías determinísticas del manual de capacidad vial HCM 2010 y la metodología de la micro simulación para el cálculo de los niveles de servicio y congestión vial en el caso de estudio Óvalos Libertadores y Martin Chambi, de la ciudad del Cusco	El nivel de servicio y congestión para el método determinístico es más elevado e impreciso que el calculado por el método de micro simulación.	Nivel de servicio y congestión	Método Determinístico	Demoras y relación volumen/capacidad
				Método de microsimulación	Demoras y relación volumen/capacidad
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIÓN	INDICADORES
¿Cómo varían las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación.?	Estimar las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación.	Las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de los Óvalos son diferentes para cada una de las metodologías de cálculo.	Capacidad Vial	Condiciones de Tráfico	Vehículos Pesados (%) Estacionamientos (unidad) Paradas de Autobús (unidad) Demanda de Peatones y vehículos
¿Cuál es la diferencia de las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación.??	Determinar la diferencia de las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación	Las características geométricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando las metodologías determinísticas y microsimulación son diferentes.		Condiciones Geométricas	Número de Carriles (und) Ancho de Carril (m) Pendiente longitudinal (%) Tipo de área o lugar (tipo)
¿Cuál es el estado de las Condiciones semafóricas y no semafóricas que influyen en la capacidad vial de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?	Determinar las condiciones semafóricas y no semafóricas de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación	Las Condiciones semafóricas y no semafóricas para las diferentes metodologías generan resultados diferentes para los óvalos analizados.		Condiciones Semafóricas	Duración de fase en verde(seg) Duración de fase en rojo(seg) Ciclo del Semáforo(seg) Giros existentes (veh/h)
¿Cuál es la relación V/C de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación?	Determinar qué relación V/C de los Óvalos Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación	La relación V/C de los Óvalos de estudio Libertadores y Martin Chambi, aplicando la metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010, y la metodología de micro simulación, son diferentes.		Grado de Saturación (V/C)	Relación Volumen/Capacidad (adim)