



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS DEL IMPACTO VIAL GENERADO AL SISTEMA VIAL QUE RODEA EL COLEGIO LA SALLE POR LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO COMERCIAL BOULEVARD QOYLLUR EN EL DISTRITO DE WÁNCHAQ – CUSCO”.

Presentado por Los Bachilleres:

Huaman Tapara, Federico

Puma Quispe, Rodrigo Gonzalo

Para optar al Título Profesional
de Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jean F. Pérez Montesinos

CUSCO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

*A Dios sobre todas las cosas, a mis Padres,
Hermanos, amigos y en especial a mi pareja
Lucy y mi fortaleza mi hijo Liam Facundo
son todo el tesoro que tengo en la vida.*

Federico

*Dedico este trabajo a mi madre Rosario y a
mis hermanos, quienes a lo largo de mi vida
me brindaron todo su apoyo incondicional
para lograr mis objetivos y la culminación
de mi Carrera Profesional. Los amo con
todo mi corazón.*

Rodrigo Gonzalo



AGRADECIMIENTOS

*Agradezco al todopoderoso nuestro Dios,
Docentes de la escuela profesional de
Ingeniería Civil de la universidad andina
del Cusco a mis compañeros de aula y en
especial a mi compañero de tesis gracias a
el entendí que cuando uno se propone se
hace un gran equipo.*

Federico

*Agradezco a Dios por darme la vida, por
estar a mi lado siempre, por su ayuda
incondicional y por guiar mis pasos. A mi
familia por todo su apoyo y en especial a mi
madre, así mismo agradecer a los docentes
de la Carrera Profesional que me han
brindado su conocimiento y su experiencia.
Y a todos mis amigos que hicieron posible
la conclusión de esta investigación.*

Rodrigo Gonzalo



RESUMEN

La presente tesis de investigación está enfocada principalmente en hacer un análisis de Impacto Vial generado a ocho intersecciones pertenecientes al sistema vial que rodea el predio “Colegio La Salle”, por la construcción y puesta en funcionamiento del proyecto Boulevard Qoyllur. El análisis se realizó mediante la comparación de los niveles de servicio futuros sin proyecto y con proyecto, para el año proyectado 2022 (puesta en funcionamiento) y el año de análisis del 2027.

Para la determinación de las condiciones de tráfico actuales se realizó los aforos vehiculares y peatonales en dichas intersecciones, considerando las horas de mayor demanda. Se realizó los dibujos de las intersecciones mediante mediciones en campo, para determinar la geometría de las intersecciones, así mismo se determinó las condiciones de los dispositivos de control de tránsito mediante un inventario detallado de los tiempos semafóricos y señalización (vertical y horizontal) en cada intersección.

Con los datos obtenidos se procedió a determinar la capacidad vial y nivel de servicio mediante la metodología HCM (Highway Capacity Manual) y el software de simulación Synchro 8.0, dicho software nos permitió realizar la simulación de la circulación vehicular en dichas intersecciones en su estado actual.

Se procedió a realizar la proyección de los volúmenes vehiculares sin proyecto mediante el concepto de tránsito futuro, para el año 2022 y el año 2027 en las intersecciones estudiadas. Con dichos volúmenes se procedió a determinar la capacidad y nivel de servicio sin proyecto.

Se procedió a determinar los usos de suelo del proyecto y se estimó la demanda de viajes que genera el mismo, mediante el proceso de planificación de demanda de viajes de cuatro pasos (generación, distribución, elección del modo y asignación de viajes). Con estos resultados obtenidos se determinó los volúmenes vehiculares que genera el proyecto en las intersecciones en estudio.

Se procedió a determinar los volúmenes vehiculares con proyecto mediante los resultados de tránsito futuro y la demanda de viajes. Con dichos volúmenes se procedió a determinar la capacidad y nivel de servicio con proyecto.

Con los resultados obtenidos de nivel de servicio sin proyecto y con proyecto se procedió a realizar en análisis de impacto vial, para el año 2022 y el año 2027.

En conclusión, se produce un impacto vial en las ocho intersecciones estudiadas, siendo las intersecciones cercanas a los accesos del proyecto las más impactadas.



ABSTRACT

This research thesis of investigation mainly focused on making a Road Impact analysis generated at eight intersections belonging to the road system that surrounds the “Colegio La Salle” property, for the construction and commissioning of the Boulevard Qoyllur project. The analysis was performed by comparing future service levels without project and with project, for the projected year 2022 (commissioning) and the year of analysis for 2027.

For the determination of the current traffic conditions, vehicle and pedestrian gauges were made at said intersections, considering the hours of greatest demand. The geometric conditions of the intersections were determined by means of a topographic survey, and the conditions of the traffic control devices were also determined by means of a detailed inventory of the signal times (vertical and horizontal) at each intersection.

With the data obtained, the road capacity and service level were determined using the HCM (Highway Capacity Manual) methodology and the Synchro 8.0 simulation software, which software allowed us to perform the simulation of vehicular traffic at said intersections in their current state.

The projection of vehicle volumes without a project was carried out using the concept of future traffic, for the year 2022 and the year 2027 at the intersections studied. With these volumes, the capacity and service level without project were determined.

The land uses of the project were determined and the travel demand generated by the project was estimated through the four-step trip demand planning process (generation, distribution, choice of mode and travel assignment). With these obtained results, the vehicle volumes generated by the project at the intersections under study were determined.

The vehicle volumes with the project were determined using the results of future traffic and travel demand. With these volumes, the capacity and service level with the project were determined.

With the results obtained at the service level without project and with project, a road impact analysis was carried out for the year 2022 and the year 2027.

In conclusion, a road impact occurs in the eight intersections studied, with the intersections near the project entrances being the most impacted



INTRODUCCIÓN

La congestión en el transporte urbano es un problema propio de las ciudades que han alcanzado cierto desarrollo económico. En nuestro país, tenemos una tendencia de crecimiento continuo, pero este crecimiento no se ve reflejado en el mejoramiento de nuestro Sistema de Transporte Urbano.

En la última década nuestra Ciudad del Cusco ha crecido a un ritmo exponencial por el turismo y las inversiones del estado que se ve reflejado en con la construcción de nuevas infraestructuras. Este desarrollo está generando ciertos inconvenientes en el transporte urbano porque nuestras vías están siendo sobrecargadas a su capacidad de diseño. Y nuestra ciudad cuenta con niveles bajos de planificación y análisis sobre estos temas, especialmente cuando se dan cambios en la infraestructura Vial y Peatonal, es por eso que hoy en día nace la necesidad de generar nuevas investigaciones que analicen los impactos producidos por el desarrollo de proyectos urbanos en el sistema de transporte

En el presente proyecto de tesis se analizará el impacto que generara la construcción del Centro Comercial Boulevard Qoyllur en el Sistema Vial que rodea el colegio la Salle, que es uno de los sistemas viales más significativos de nuestra ciudad. La construcción de este Centro comercial se viene proponiendo e implementando por la Municipalidad Provincial del Cusco.

La tesis no justifica la razón de la construcción del centro comercial más sí evalúa los impactos positivos o negativos que este tenga. Es por eso que la presente investigación se desarrollara con el fin establecer respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a la solución y planeamiento vial y urbanístico.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
ÍNDICE FOTOGRÁFICO	xxxvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema	7
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	7
1.2.1 Justificación técnica	7
1.2.2 Justificación social	8
1.2.3 Justificación por viabilidad	8
1.2.4 Justificación por relevancia.....	8
1.3 Limitaciones de la investigación.....	9
1.4 Objetivos de la investigación	11
1.4.1 Objetivo General	11
1.4.2 Objetivos Específicos.....	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes de la Tesis	12
2.1.1 Antecedentes a nivel Nacional	12
2.1.2 Antecedentes a nivel Internacional.....	14
2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.....	17
2.2.1 Sistema de transporte	17
2.2.2 Infraestructura vial	17
2.2.3 Usuarios de la vía	18
2.2.4 Intersecciones	18



2.2.5	Dispositivos para el control de tránsito	20
2.2.6	Señales verticales	21
2.2.7	Semáforos.....	22
2.2.8	Volumen de transito	23
2.2.9	Capacidad	23
2.2.10	Niveles de servicio	24
2.2.11	Nivel de servicio en intersecciones	24
2.2.12	Tránsito futuro.....	40
2.2.13	Generacion de viajes	41
2.2.14	Distribución de viajes.....	49
2.2.15	Elección del modo.....	54
2.2.16	Asignación de viajes.....	55
2.2.17	Impacto vial.....	55
2.3	Hipótesis:.....	59
2.3.1	Hipótesis General:	59
2.3.2	Sub Hipótesis:	59
2.4	Definición de Variables.....	59
2.4.1	Variables Independientes	59
2.4.2	Variables Dependientes.....	60
2.4.3	Cuadro de operacionalización de variable.....	60
Capitulo III: METODOLOGÍA		61
3.1	Metodología de la investigación.....	61
3.1.1	Enfoque de la investigación	61
3.1.2	Nivel o alcance de la investigación	61
3.1.3	Método de investigación	61
3.2	Diseño de la investigación.....	62
3.2.1	Diseño metodológico.....	62
3.2.2	Diseño de ingeniería.....	63
3.3	Población y muestra	64
3.3.1	Población.....	64
3.3.2	Muestra.....	65
3.3.3	Criterios de inclusión	71



3.4	Instrumentos	72
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	72
3.4.2	Instrumentos de ingeniería	75
3.5	Procedimiento de recolección de datos	77
3.5.1	Recolección de datos de características geométricas de las intersecciones en estudio... ..	77
3.5.2	Recolección de datos de aforo vehicular	99
3.5.3	Recolección de datos de aforo peatonal	107
3.5.4	Recolección de datos de datos de características de los sistemas de control (semáforos).....	111
3.5.5	Recolección de datos de usos de suelo	113
3.6	Procedimiento de análisis de datos.....	122
3.6.1	Procesamiento de datos de aforos vehiculares adquiridos en campo.....	122
3.6.2	Procesamiento de datos de aforos vehiculares y peatonales sin proyecto.....	171
3.6.3	Procesamiento de datos de demanda de viajes.....	182
3.6.4	Procesamiento de datos de aforos vehiculares con proyecto	222
3.6.5	Procesamiento de datos en Synchro 8.0	227
CAPITULO IV: RESULTADOS		343
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		360
GLOSARIO.....		364
CONCLUSIONES		366
RECOMENDACIONES		372
REFERENCIAS		373
ANEXOS.....		376



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Nomenclatura de las intersecciones no semaforizadas.....	2
Tabla N° 2: Nomenclatura de las intersecciones semaforizadas.....	2
Tabla N° 5:Relación entre el tipo de llegada y calidad de progresión.....	25
Tabla N° 6:Grupos de carriles típicos para el análisis.....	28
Tabla N° 7:Factor de ajuste de ancho de carril.....	30
Tabla N° 8:Criterios de nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.....	40
Tabla N° 9: Tasas de generación de viajes del ITE.....	46
Tabla N° 10: Tasas de generación de viajes del ITE.....	47
Tabla N° 11: Ejemplo de resultado de muestra del paso de generación de viajes.....	49
Tabla N° 12: Ejemplo de muestra del resultado del paso de distribución de viajes.....	51
Tabla N° 13: Matriz de origen – destino o tabla de viajes.....	52
Tabla N° 14: Horizontes de estudio sugerido.....	57
Tabla N° 15: Horizontes de estudio sugeridos según la generación de viajes.....	58
Tabla N° 16:Cuadro de operacionalización de variables.....	60
Tabla N° 17: Formato de aforo vehicular.....	72
Tabla N° 18: Formato de aforo peatonal.....	73
Tabla N° 19: formato características geométricas de la intersección.....	73
Tabla N° 20: Formato de características de los sistemas de control de las intersecciones semaforizadas.....	74
Tabla N° 21: Formato de recolección de datos de uso del suelo.....	74
Tabla N° 22: Características geométricas de la intersección N°1 – acceso A1.....	77
Tabla N° 23: Características geométricas de la intersección N° 1 – acceso A2.....	77
Tabla N° 24: Características geométricas de la intersección N° 1 – acceso A3.....	78
Tabla N° 25: Características geométricas de la intersección N° 2 – acceso A4.....	78
Tabla N° 26: Características geométricas de la intersección N°2 – acceso A5.....	78
Tabla N° 27: Características geométricas de la intersección N°2 – acceso A6.....	79
Tabla N° 28: Características geométricas de la intersección N°3 – acceso A7.....	79
Tabla N° 29: Características geométricas de la intersección N°3 – acceso A8.....	79
Tabla N° 30: Características geométricas de la intersección N°3 – acceso A9.....	80
Tabla N° 31: Características geométricas de la intersección N°4 – acceso A10.....	80
Tabla N° 32: Características geométricas de la intersección N°4 – acceso A11.....	80



Tabla N° 33: Características geométricas de la intersección N°4 – acceso A12	81
Tabla N° 34: Características geométricas de la intersección N°4 – acceso A13	81
Tabla N° 35: Características geométricas de la intersección N°5 – acceso A14	81
Tabla N° 36: Características geométricas de la intersección N°5 – acceso A15	82
Tabla N° 37: Características geométricas de la intersección N°5 – acceso A16	82
Tabla N° 38: Características geométricas de la intersección N°6 – acceso A17	82
Tabla N° 39: Características geométricas de la intersección N°6 – acceso A18	83
Tabla N° 40: Características geométricas de la intersección N°6 – acceso A19	83
Tabla N° 41: Características geométricas de la intersección N°6 – acceso A20	83
Tabla N° 42: Características geométricas de la intersección N°7 – acceso A21	84
Tabla N° 43: Características geométricas de la intersección N°7 – acceso A22	84
Tabla N° 44: Características geométricas de la intersección N°7 – acceso A23	84
Tabla N° 45: Características geométricas de la intersección N°7 – acceso A24	85
Tabla N° 46: Características geométricas de la intersección N 1 – acceso A25.....	85
Tabla N° 47: Características geométricas de la intersección N 1 – acceso 26.....	85
Tabla N° 48: Características geométricas de la intersección N 1 – acceso 27.....	86
Tabla N° 49: Resumen de aforo vehicular en la intersección N°1	99
Tabla N° 50: Resumen de aforo vehicular en la intersección N°2.....	100
Tabla N° 51: Resumen de aforo vehicular en la intersección N°3.....	101
Tabla N° 52: Resumen de aforo vehicular de la intersección N°4.....	102
Tabla N° 53: Resumen de aforo vehicular en la intersección N°5.....	103
Tabla N° 54: Resumen de aforo vehicular en la intersección N°6.....	104
Tabla N° 55: Resumen de aforo vehicular en la intersección N°7.....	105
Tabla N° 56:Resumen de aforo vehicular en la intersección N°8.....	106
Tabla N° 57: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°1	107
Tabla N° 58: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°2	107
Tabla N° 59: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°3	108
Tabla N° 60: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°4	108
Tabla N° 61: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°5	109
Tabla N° 62: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°6	109
Tabla N° 63: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°7	110
Tabla N° 64: Resumen de aforo peatonal de la intersección N°8	110



Tabla N° 65: Características de los sistemas de control de la intersección semaforizada N°3	111
Tabla N° 66: Características de los sistemas de control de la intersección semaforizada N°4	111
Tabla N° 67: Características de los sistemas de control de la intersección semaforizada N°6	112
Tabla N° 68: Características de los sistemas de control de la intersección semaforizada N°7	112
Tabla N° 69: Usos de suelo Zona 1 – Proyecto.....	113
Tabla N° 70:Tabla 1 usos de suelo Zona 2.....	114
Tabla N° 71: Tabla 2 usos de suelo Zona 2.....	115
Tabla N° 72: Tabla 1 usos de suelo Zona 3.....	116
Tabla N° 73: Tabla 2 usos de suelo Zona 3.....	117
Tabla N° 74: Tabla 1 usos de suelo Zona 4.....	118
Tabla N° 75: Tabla 2 usos de suelo Zona 4.....	119
Tabla N° 76: Tabla 1 usos de suelo Zona 5.....	120
Tabla N° 77: Tabla 2 usos de suelo Zona 5.....	121
Tabla N° 78: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°1	122
Tabla N° 79: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°1.	123
Tabla N° 80: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°1	124
Tabla N° 81:Factor Hora Punta de la Intersección N°1	124
Tabla N° 82: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°1	125
Tabla N° 83: Volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°1	125
Tabla N° 84: Composición vehicular de la intersección N°1 por movimiento de circulación.	126
Tabla N° 85: composición vehicular de la intersección N°1 (ligero – pesado)	127
Tabla N° 86: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°2	128
Tabla N° 87: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°2.	129
Tabla N° 88: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°2	130
Tabla N° 89:Factor Hora Punta de la Intersección N°2	131



Tabla N° 90: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°2.....	131
Tabla N° 91: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°2.....	132
Tabla N° 92: composición vehicular de la intersección N°2 por movimiento de circulación.....	132
Tabla N° 93: composición vehicular de la intersección N°2 (ligero – pesado).....	133
Tabla N° 94: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°3	135
Tabla N° 95: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°3.....	136
Tabla N° 96: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°3	136
Tabla N° 97:Factor Hora Punta de la Intersección N°3	137
Tabla N° 98: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°3.....	137
Tabla N° 99: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°3.....	138
Tabla N° 100: composición vehicular de la intersección N°3 por movimiento de circulación.....	138
Tabla N° 101: composición vehicular de la intersección N°3 (ligero – pesado).....	139
Tabla N° 102: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°4	141
Tabla N° 103: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°4.....	142
Tabla N° 104: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°4	142
Tabla N° 105:Factor Hora Punta de la Intersección N°4	143
Tabla N° 106: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°4.....	143
Tabla N° 107: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°4.....	144
Tabla N° 108: composición vehicular de la intersección N°4 por movimiento de circulación.....	144
Tabla N° 109: composición vehicular de la intersección N°4 (ligero – pesado).....	145
Tabla N° 110: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°5	147
Tabla N° 111: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°5.....	148
Tabla N° 112: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°5	148



Tabla N° 113:Factor Hora Punta de la Intersección N°5	149
Tabla N° 114: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°5	149
Tabla N° 115: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°5	150
Tabla N° 116: composición vehicular de la intersección N°5 por movimiento de circulación.	150
Tabla N° 117: composición vehicular de la intersección N°5 (ligero – pesado)	151
Tabla N° 118: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°6	153
Tabla N° 119: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°6	154
Tabla N° 120: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°6	154
Tabla N° 121:Factor Hora Punta de la Intersección N°6	155
Tabla N° 122: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°6	155
Tabla N° 123: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°6	156
Tabla N° 124: composición vehicular de la intersección N°6 por movimiento de circulación.	156
Tabla N° 125: composición vehicular de la intersección N°6 (ligero – pesado)	157
Tabla N° 126: Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°7	159
Tabla N° 127: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°7	160
Tabla N° 128: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°7	160
Tabla N° 129:Factor Hora Punta de la Intersección N°7	161
Tabla N° 130: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°7	161
Tabla N° 131: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°7	162
Tabla N° 132: composición vehicular de la intersección N°7 por movimiento de circulación.	162
Tabla N° 133: composición vehicular de la intersección N°7 (ligero – pesado)	164
Tabla N° 134:Volúmenes vehiculares diarios de la intersección N°8	165
Tabla N° 135: volúmenes horarios del día de máxima demanda vehicular de la intersección N°8	166



Tabla N° 136: Volumen Vehicular cada 15min de la Intersección N°8	167
Tabla N° 137:Factor Hora Punta de la Intersección N°8	167
Tabla N° 138: volúmenes vehiculares por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°8.....	168
Tabla N° 139: volúmenes peatonales por movimiento de circulación (hora punta) de la intersección N°8.....	168
Tabla N° 140: composición vehicular de la intersección N°8 por movimiento de circulación.	169
Tabla N° 141: composición vehicular de la intersección N°8 (ligero – pesado)	170
Tabla N° 142: Tránsito futuro sin proyecto al 2022 de la intersección N°1: Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa.....	171
Tabla N° 143: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°2: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco.....	172
Tabla N° 144: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°3: Arcopunco – Ca. Collacalle	172
Tabla N° 145: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°4: Abracitos – Av. Tullumayo	172
Tabla N° 146: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°5: Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa	173
Tabla N° 147: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°6: Tullumayo – Av. Garcilaso.....	173
Tabla N° 148: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°7: Huascar – Av. Garcilaso.....	173
Tabla N° 149: Tránsito futuro sin proyecto al año 2022 de la intersección N°8: Av. Huascar – Calle A.....	174
Tabla N° 150: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°1: Huascar – Av. La Cultura.....	174
Tabla N° 151: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°2: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco.....	174
Tabla N° 152: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°3: Arcopunco – Ca. Collacalle	175
Tabla N° 153: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°4: Abracitos – Av. Tullumayo	175
Tabla N° 154: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°5: Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa	175
Tabla N° 155: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°6: Tullumayo – Av. Garcilaso.....	176



Tabla N° 156: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°7: Huascar – Av. Garcilaso.....	176
Tabla N° 157: Tránsito futuro sin proyecto al año 2027 de la intersección N°8: Av. Huascar – Calle A.....	177
Tabla N° 158: Cuadro resumen del crecimiento vehicular sin proyecto del año 2019 al 2027	177
Tabla N° 159: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°1: Av. Huascar – Av. La Cultura.....	177
Tabla N° 160: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°2: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco.....	178
Tabla N° 161: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°3: Av. Arcopunco – Ca. Collacalle	178
Tabla N° 162: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°4: Av. Abracitos – Av. Tullumayo	178
Tabla N° 163: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°5: Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa.....	178
Tabla N° 164: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°6: Av. Tullumayo – Av. Garcilaso.....	179
Tabla N° 165: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°7: Av. Huascar – Av. Garcilaso.....	179
Tabla N° 166: Crecimiento poblacional al año 2022 de la intersección N°8: Av. Huascar – Calle A.....	179
Tabla N° 167: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°1: Av. Huascar – Av. La Cultura.....	180
Tabla N° 168: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°2: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco.....	180
Tabla N° 169: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°3: Av. Arcopunco – Ca. Collacalle	180
Tabla N° 170: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°4: Av. Abracitos – Av. Tullumayo	180
Tabla N° 171: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°5: Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa	181
Tabla N° 172: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°6: Av. Tullumayo – Av. Garcilaso.....	181
Tabla N° 173: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°7: Av. Huascar – Av. Garcilaso.....	181



Tabla N° 174: Crecimiento poblacional al año 2027 de la intersección N°8: Av. Huascar – Calle A	181
Tabla N° 175: Cuadro resumen de la proyección del crecimiento poblacional del año 2019 al 2027	182
Tabla N° 176: Usos de suelo de la Zona 1 (proyecto Boulevard Qoyllur)	184
Tabla N° 177: Tabla de generación de viajes del manual ITE – uso de suelo hotel	184
Tabla N° 178: Tabla de generación de viajes del manual ITE – uso de suelo edificio de departamentos.....	184
Tabla N° 179: Tabla de generación de viajes del manual ITE – uso de suelo oficinas	185
Tabla N° 180: Tabla de generación de viajes del manual ITE – uso de suelo zona comercial	185
Tabla N° 181: Tabla de generación de viajes del manual ITE – uso de suelo supermercado	186
Tabla N° 182: Tabla de cálculo de generación de viajes según el manual del ITE	186
Tabla N° 183: Usos de suelo de la Zona 1 (proyecto Boulevard Qoyllur)	187
Tabla N° 184: Tabla de generación de viajes del manual San Diego – uso de suelo hotel ...	187
Tabla N° 185: Tabla de generación de viajes del manual San Diego – uso de suelo edificio de departamentos.....	188
Tabla N° 186: Tabla de generación de viajes del manual San Diego – uso de suelo oficinas	189
Tabla N° 187: Tabla de generación de viajes del manual San Diego – uso de suelo zona comercial	189
Tabla N° 188: Tabla de generación de viajes del manual San Diego – uso de suelo supermercado	190
Tabla N° 189: Tabla de cálculo de generación de viajes según el manual de San Diego	190
Tabla N° 190: Tabla de resultados de generación de viajes según el manual del ITE y de San Diego	191
Tabla N° 191: Generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 1 (TAZ interna – Proyecto Boulevard) según el manual del ITE.....	191
Tabla N° 192: Tabla de resultados de generación de viajes de la zona 1 (TAZ interna) según el manual del ITE	191
Tabla N° 193: Tabla 1 generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 2 (TAZ externa)	192
Tabla N° 194: Tabla 2 generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 2 (TAZ externa)	193
Tabla N° 195: Tabla de resultados de generación de viajes de la zona 2 (TAZ externa)	193



Tabla N° 196: Tabla generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 3 (TAZ externa)	194
Tabla N° 197: Tabla de resultados de generación de viajes de la zona 3 (TAZ externa)	195
Tabla N° 198: Tabla 1 generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 4 (TAZ externa)	195
Tabla N° 199: Tabla 2 generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 4 (TAZ externa)	196
Tabla N° 200: Tabla de resultados de generación de viajes de la zona 4 (TAZ externa)	197
Tabla N° 201: Tabla 1 generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 5 (TAZ externa)	197
Tabla N° 202: Tabla 2 generación de viajes por tipo de uso de suelo de la zona 5 (TAZ externa)	198
Tabla N° 203: Tabla de resultados de generación de viajes de la zona 5 (TAZ externa)	198
Tabla N° 204: Tabla resumen de resultados del paso de generación de viajes	198
Tabla N° 205: Construcción de la matriz de distancias	200
Tabla N° 206: Cuadro de Distancias entre cada par zonal	201
Tabla N° 207: Matriz de distancias en metros entre cada par zonal ij	201
Tabla N° 208: Construcción de la matriz de tiempos de viajes	201
Tabla N° 209: Calculo de tiempos de viajes entre cada par zonal ij	202
Tabla N° 210: Matriz de tiempos de viajes en minutos entre cada par zonal ij	202
Tabla N° 211: Cálculo de los elementos de la fila 1 de la matriz O/D (distribución de viajes de la zona 1 a la zona j).....	203
Tabla N° 212: Cálculo de los elementos de la fila 2 de la matriz O/D (distribución de viajes de la zona 2 a la zona j).....	203
Tabla N° 213: Cálculo de los elementos de la fila 3 de la matriz O/D (distribución de viajes de la zona 3 a la zona j).....	204
Tabla N° 214: Cálculo de los elementos de la fila 4 de la matriz O/D (distribución de viajes de la zona 4 a la zona j).....	204
Tabla N° 215: Cálculo de los elementos de la fila 5 de la matriz O/D (distribución de viajes de la zona 5 a la zona j).....	204
Tabla N° 216: Tabla de viajes o matriz O/D	205
Tabla N° 217: Cumplimiento de la primera restricción	206
Tabla N° 218: Cálculo de los elementos de la fila 1 de la matriz O/D con $D_j^{(1)}$ (distribución de viajes de la zona 1 a la zona j).....	207



Tabla N° 219: Cálculo de los elementos de la fila 2 de la matriz O/D con $D_j^{(1)}$ (distribución de viajes de la zona 2 a la zona j).....	207
Tabla N° 220: Cálculo de los elementos de la fila 3 de la matriz O/D con $D_j^{(1)}$ (distribución de viajes de la zona 3 a la zona j).....	207
Tabla N° 221: Cálculo de los elementos de la fila 4 de la matriz O/D con $D_j^{(1)}$ (distribución de viajes de la zona 4 a la zona j).....	208
Tabla N° 222: Cálculo de los elementos de la fila 5 de la matriz O/D con $D_j^{(1)}$ (distribución de viajes de la zona 5 a la zona j).....	208
Tabla N° 223: Construcción de la matriz O/D: Iteracion 1 con $D_j^{(1)}$	208
Tabla N° 224: Cálculo de $D_j^{(2)}$	209
Tabla N° 225: Cálculo de los elementos de la fila 1 de la matriz O/D con $D_j^{(2)}$ (distribución de viajes de la zona 1 a la zona j).....	209
Tabla N° 226: Cálculo de los elementos de la fila 2 de la matriz O/D con $D_j^{(2)}$ (distribución de viajes de la zona 2 a la zona j).....	209
Tabla N° 227: Cálculo de los elementos de la fila 3 de la matriz O/D con $D_j^{(2)}$ (distribución de viajes de la zona 3 a la zona j).....	210
Tabla N° 228: Cálculo de los elementos de la fila 4 de la matriz O/D con $D_j^{(2)}$ (distribución de viajes de la zona 4 a la zona j).....	210
Tabla N° 229: Cálculo de los elementos de la fila 5 de la matriz O/D con $D_j^{(2)}$ (distribución de viajes de la zona 5 a la zona j).....	210
Tabla N° 230: Construcción de la matriz O/D: Iteración 2 con $D_j^{(2)}$	211
Tabla N° 231: Construcción de la matriz O/D: Iteración 3 con $D_j^{(3)}$	211
Tabla N° 232: Construcción de la matriz O/D: Iteración 4 con $D_j^{(4)}$	211
Tabla N° 233: Construcción de la matriz O/D: Iteración 5 con $D_j^{(5)}$	212
Tabla N° 234: Construcción de la matriz O/D: Iteración 6 con $D_j^{(6)}$	212
Tabla N° 235: Construcción de la matriz O/D: Iteración 7 con $D_j^{(7)}$	212
Tabla N° 236: Matriz origen – destino o tabla de viaje final	214
Tabla N° 237: Tabla final de resultados de generación de viajes de la zona 1(proyecto) después del ajuste del modelo gravitacional	214
Tabla N° 238: Generación de viajes + tránsito futuro del año base 2022 de la intersección N° 1: Av. Huascar – Av. La Cultura.....	222



Tabla N° 239: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°2: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco	222
Tabla N° 240: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°3: Av. Arcopunco – Ca. Collacalle.....	222
Tabla N° 241: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°4: Av. Abracitos – Av. Tullumayo.....	223
Tabla N° 242: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°5: Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa.....	223
Tabla N° 243: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°6: Av. Tullumayo – Av. Garcilaso	223
Tabla N° 244: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°7: Av. Huascar – Av. Garcilaso.....	224
Tabla N° 245: Generación de viajes + tránsito del año base 2022 de la intersección N°8: Av. Huascar – Calle A	224
Tabla N° 246: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°1:	224
Tabla N° 247: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°2: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco.....	225
Tabla N° 248: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°3: Av. Arcopunco – Ca. Collacalle	225
Tabla N° 249: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°4: Abracitos – Av. Tullumayo	225
Tabla N° 250: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°5: Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa	225
Tabla N° 251: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°6: Av. Tullumayo – Av. Garcilaso.....	226
Tabla N° 252: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°7: Av. Huascar – Av. Garcilaso.....	226
Tabla N° 253: Tránsito futuro con proyecto al año 2027 de la intersección N°8: Av. Huascar – Calle A.....	226
Tabla N° 254: Número de viajes generados por el proyecto según el manual de generación de viajes del ITE y San Diego.....	343
Tabla N° 255: Número de viajes generados por el proyecto por tipo de uso de suelo según el manual del ITE	343
Tabla N° 256: Tabla final de generación de viajes del proyecto después del ajuste en el modelo gravitacional	343
Tabla N° 257: Matriz O/D o tabla de distribución de viajes.....	344
Tabla N° 258: Tabla resumen de distribución de viajes.....	344



Tabla N° 259: Volúmenes vehiculares producidos por la asignación de viajes en las intersecciones en estudio	344
Tabla N° 260: Volúmenes vehiculares producidos por el proyecto “Boulevard Qoyllur”	345
Tabla N° 261: Variación del crecimiento vehicular sin proyecto (transito futuro) desde el año 2019 al 2027	346
Tabla N° 262: Variación del crecimiento vehicular con proyecto (transito futuro y generación de viajes) desde el año 2019 al 2027	347
Tabla N° 263: Cuadro resumen de la proyección de los volúmenes vehiculares sin proyecto y con proyecto	348
Tabla N° 264: Niveles de servicio y demoras de control actuales de las intersecciones en estudio	354
Tabla N° 265: Proyección de niveles de servicio y demoras de control para el año 2022	354
Tabla N° 266: Proyección de niveles de servicio y demoras de control para el año 2027	355
Tabla N° 267: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada: Av. Huascar – Av. La Cultura	355
Tabla N° 268: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco	356
Tabla N° 269: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°3 – semaforizada: Av. Arcopunco – Ca. Collacalle	356
Tabla N° 270: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°4 – semaforizada: Av. Abracitos – Av. Tullumayo.....	357
Tabla N° 271: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada: Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa.....	357
Tabla N° 272: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°6 – semaforizada: Av. Tullumayo – Av. Garcilaso.....	358
Tabla N° 273: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°7 – semaforizada: Av. Huascar – Av. Garcilaso	358
Tabla N° 274: Comparación de las demoras y niveles de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada: Av. Huascar – Calle A	359
Tabla N° 275: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°1	395
Tabla N° 276: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°1	396
Tabla N° 277: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°1	397
Tabla N° 278: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°1	398
Tabla N° 279: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°1	399
Tabla N° 280: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°2	400



Tabla N° 281: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°2	401
Tabla N° 282: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°2	402
Tabla N° 283: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°3	403
Tabla N° 284: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°3	404
Tabla N° 285: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°4	405
Tabla N° 286: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°4	406
Tabla N° 287: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°4	407
Tabla N° 288: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°4	408
Tabla N° 289: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°4	409
Tabla N° 290: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°5	410
Tabla N° 291: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°5	411
Tabla N° 292: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°5	412
Tabla N° 293: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	413
Tabla N° 294: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	414
Tabla N° 295: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	415
Tabla N° 296: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	416
Tabla N° 297: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	417
Tabla N° 298: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	418
Tabla N° 299: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	419
Tabla N° 300: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	420
Tabla N° 301: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	421
Tabla N° 302: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	422
Tabla N° 303: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	423
Tabla N° 304: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°6	424
Tabla N° 305: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	425
Tabla N° 306: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	426
Tabla N° 307: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	427
Tabla N° 308: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	428
Tabla N° 309: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	429
Tabla N° 310: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	430
Tabla N° 311: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	431
Tabla N° 312: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	432



Tabla N° 313: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	433
Tabla N° 314: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	434
Tabla N° 315: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	435
Tabla N° 316: Ficha de aforo vehicular de la intersección semaforizada N°7	436
Tabla N° 317: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°8	437
Tabla N° 318: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°8	438
Tabla N° 319: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°8	439
Tabla N° 320: Ficha de aforo vehicular de la intersección no semaforizada N°8	440
Tabla N° 321: Tabla 1 del manual generación de viajes de San Diego	441
Tabla N° 322: Tabla 1 del manual generación de viajes de San Diego	441
Tabla N° 323: Tabla 1 del manual generación de viajes de San Diego	443
Tabla N° 324: Tabla 1 del manual generación de viajes de San Diego	444



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Sistema vial que rodea el predio “La Salle”	1
Figura N° 2: Intersección no SemafORIZADA Av. Huascar – Av. La Cultura	3
Figura N° 3: Intersección no SemafORIZADA Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco	3
Figura N° 4: Intersección SemafORIZADA Av. Arcopunco – Ca Collacalle	4
Figura N° 5: Intersección SemafORIZADA Av. Abracitos – Av. Tullumayo	4
Figura N° 6: Intersección no SemafORIZADA Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa	5
Figura N° 7: Intersección SemafORIZADA Av. Tullumayo – Av. Garcilaso.....	5
Figura N° 8: Intersección SemafORIZADA Av. Huascar – Av. Garcilaso	6
Figura N° 9: Intersección no SemafORIZADA Av. Huascar – Calle A	6
Figura N° 10: Elementos de la infraestructura vial	17
Figura N° 11: Tipos de Intersecciones a nivel	19
Figura N° 12: Variedad de tipos de intersecciones a nivel	20
Figura N° 13: Señales de prioridad	22
Figura N° 14: Movimientos de tráfico en la intersección y esquema de numeración.....	28
Figura N° 15: Ejemplo de página de datos para un uso de suelo determinado	45
Figura N° 16: Ejemplo de una red de planificación: Paso de generación de viajes.	48
Figura N° 17: Ejemplo de una red de planificación: Paso distribución de viajes	50
Figura N° 18: Síntesis para un corredor en estudio.....	54
Figura N° 19: Ejemplo de red del paso de asignación de tráfico	55
Figura N° 20: Delimitación del área de influencia directa e indirecta	56
Figura N° 21: Intersección no SemafORIZADA Av. Huascar – Av. La Cultura	65
Figura N° 22: Intersección no SemafORIZADA Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco	66
Figura N° 23: Intersección SemafORIZADA Av. Arcopunco – Ca Collacalle	66
Figura N° 24: Intersección SemafORIZADA Av. Abracitos – Av. Tullumayo	67
Figura N° 25: Intersección no SemafORIZADA Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa	67
Figura N° 26: Intersección SemafORIZADA Av. Tullumayo – Av. Garcilaso.....	68
Figura N° 27: Intersección SemafORIZADA Av. Huascar – Av. Garcilaso	68
Figura N° 28: Intersección no SemafORIZADA Av. Huascar – Calle A	69
Figura N° 29: Población y muestra de la investigación	70
Figura N° 30: cámara fotográfica.....	75



Figura N° 33: Cinta métrica	75
Figura N° 37: Software Synchro 8.0	76
Figura N° 38: Software AutoCAD civil 3D	76
Figura N° 41: Intersección N°1 – no semaforizada.....	86
Figura N° 42: Codificación de los accesos de la intersección N°1	87
Figura N° 43: Codificación de movimiento de la intersección N°1.....	87
Figura N° 44: Intersección N°2 – no semaforizada.....	88
Figura N° 45: Codificación de los accesos de la intersección N°2	88
Figura N° 46: Codificación de movimiento de la intersección N°2.....	89
Figura N° 47: Intersección N°3 – semaforizada.....	89
Figura N° 48: Codificación de los accesos de la intersección N°3	90
Figura N° 49: Codificación de movimiento de la intersección N°3.....	90
Figura N° 50: Intersección N°4 – semaforizada.....	91
Figura N° 51: Codificación de los accesos de la intersección N°4	91
Figura N° 52: Codificación de movimiento de la intersección N°4.....	92
Figura N° 53: Intersección N°5 – no semaforizada.....	92
Figura N° 54: Codificación de los accesos de la intersección N°5	93
Figura N° 55: Codificación de movimiento de la intersección N°5.....	93
Figura N° 56: Intersección N°6 – semaforizada.....	94
Figura N° 57: Codificación de los accesos de la intersección N°1	94
Figura N° 58: Codificación de movimiento de la intersección N°6.....	95
Figura N° 59: Intersección N°7 – semaforizada.....	95
Figura N° 60: Codificación de los accesos de la intersección N°7	96
Figura N° 61: Codificación de movimiento de la intersección N°7.....	96
Figura N° 62: Intersección N°8 – no semaforizada.....	97
Figura N° 63: Codificación de los accesos de la intersección N°8	97
Figura N° 64: Codificación de movimiento de la intersección N°8.....	98
Figura N° 65: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°1.....	122
Figura N° 66: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°1	123
Figura N° 67: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°1	124



Figura N° 68: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°1	125
Figura N° 69: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección semaforizada N°1	126
Figura N° 70: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°1	127
Figura N° 71: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°1 ..	128
Figura N° 72: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°2.....	129
Figura N° 73: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°2	130
Figura N° 74: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°2	131
Figura N° 75: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°2	132
Figura N° 76: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°2. 133	
Figura N° 77: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°2	134
Figura N° 78: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°2. 134	
Figura N° 79: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°3.....	135
Figura N° 80: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°3	136
Figura N° 81: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°3	137
Figura N° 82: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°3	138
Figura N° 83: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°3. 139	
Figura N° 84: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°3	140
Figura N° 85: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°3. 140	
Figura N° 86: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°4.....	141
Figura N° 87: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°4	142
Figura N° 88: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°4	143
Figura N° 89: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°4	144



Figura N° 90: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°4.	145
Figura N° 91: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°4	146
Figura N° 92: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°4.	146
Figura N° 93: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°5.	147
Figura N° 94: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°5	148
Figura N° 95: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°5	149
Figura N° 96: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°5	150
Figura N° 97: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°5.	151
Figura N° 98: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°5	152
Figura N° 99: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°5.	152
Figura N° 100: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°6.	153
Figura N° 101: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°6	154
Figura N° 102: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°6	155
Figura N° 103: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°6	156
Figura N° 104: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°6	157
Figura N° 105: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°6	158
Figura N° 106: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°6	158
Figura N° 107: Variación diaria de los volúmenes vehiculares de la intersección N°7.	159
Figura N° 108: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°7	160
Figura N° 109: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°7	161
Figura N° 110: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°7	162
Figura N° 111: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°7	163



Figura N° 112: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°7	164
Figura N° 113: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°7	164
Figura N° 114: Variación diaria de los volúmenes diarios de la intersección N°8.....	165
Figura N° 115: variación horaria del día de máxima del día de máxima demanda de la intersección N°8.....	166
Figura N° 116: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección N°8.....	167
Figura N° 117: Variación de los volúmenes por sentido de circulación en la hora de máxima demanda de la intersección N°8.....	168
Figura N° 118: Distribución porcentual de la composición vehicular de la intersección N°8	169
Figura N° 119: Porcentaje de vehículos pesados por sentido de circulación de la intersección N°8	170
Figura N° 120: Distribución porcentual de vehículos ligero – pesado de la intersección N°8	171
Figura N° 121: Zonificación del área de estudio.....	183
Figura N° 122: Distribución de viajes entre cada par zonal ij.....	199
Figura N° 123: Red vial o sistema de calles enlazantes entre zonas.....	200
Figura N° 124: Red vial adyacente a la zona 1 (proyecto).....	214
Figura N° 125: Porcentajes y volúmenes de intersección	Figura
N° 126: Volúmenes de O/D de la zona 1 a la zona 2 y de la zona 2 a la zona 1.....	218
Figura N° 127: Porcentajes y volúmenes de intersección	Figura
N° 128: Volúmenes de O/D de la zona 1 a la zona 3 y de la zona 3 a la zona 1.....	219
Figura N° 129: Porcentajes y volúmenes de intersección	Figura
N° 130: Volúmenes de O/D de la zona 1 a la zona 4 y de la zona 4 a la zona 1.....	220
Figura N° 131: Porcentajes y volúmenes de intersección	Figura
N° 132: Volúmenes de O/D de la zona 1 a la zona 5 y de la zona 5 a la zona 1.....	221
Figura N° 133: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°1 – no semaforizada.....	227
Figura N° 134: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°1 – no semaforizada	228
Figura N° 135: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°1 – semaforizada.....	229
Figura N° 136: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada	229
Figura N° 137: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°2 – no semaforizada.....	230



Figura N° 138: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°2 – no semaforizada	231
Figura N° 139: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°2 – no semaforizada....	232
Figura N° 140: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada	232
Figura N° 141: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°3 – semaforizada.....	233
Figura N° 142: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°3 – semaforizada	234
Figura N° 143: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°3 – semaforizada.....	235
Figura N° 144: Ventana de ajuste de los sistemas de control de la intersección N°3 – semaforizada.....	236
Figura N° 145: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 - semaforizada	237
Figura N° 146: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 - semaforizada	238
Figura N° 147: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°4 – semaforizada.....	239
Figura N° 148: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°4 – semaforizada	240
Figura N° 149: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°4 – semaforizada.....	241
Figura N° 150: Ventana de ajuste de los sistemas de control de la intersección N°4 – semaforizada.....	242
Figura N° 151: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 - semaforizada	243
Figura N° 152: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 - semaforizada	244
Figura N° 153: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°5 – no semaforizada.....	245
Figura N° 154: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°5 – no semaforizada	246
Figura N° 155: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°5 – no semaforizada....	247
Figura N° 156: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada	247
Figura N° 157: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°6 – semaforizada.....	248
Figura N° 158: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°6 – semaforizada	249
Figura N° 159: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°6 – semaforizada.....	250



Figura N° 160: Ventana de ajuste de los sistemas de control de la intersección N°6 – semaforizada.....	251
Figura N° 161: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	252
Figura N° 162: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	253
Figura N° 163: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°7 – semaforizada.....	254
Figura N° 164: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°7 – semaforizada	255
Figura N° 165: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°7 – semaforizada7.....	256
Figura N° 166: Ventana de ajuste de los sistemas de control de la intersección N°7 – semaforizada.....	257
Figura N° 167: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 - semaforizada	258
Figura N° 168: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 - semaforizada	259
Figura N° 169: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°8 – no semaforizada.....	260
Figura N° 170: Ventana de ajuste de carril de la intersección N°8 – no semaforizada	261
Figura N° 171: Ventana de ajuste de volumen de la intersección N°8 – no semaforizada....	262
Figura N° 172: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada	262
Figura N° 173: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°1 – no semaforizada.....	263
Figura N° 174: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada	263
Figura N° 175: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°2 – no semaforizada.....	264
Figura N° 176: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada	264
Figura N° 177: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°3 – semaforizada.....	265
Figura N° 178: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	266
Figura N° 179: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	267



Figura N° 180: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°4 – semaforizada.....	268
Figura N° 181: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 - semaforizada	269
Figura N° 182: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 – semaforizada	270
Figura N° 183: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°5 – no semaforizada.....	271
Figura N° 184: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada	271
Figura N° 185: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°6 – semaforizada.....	272
Figura N° 186: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	273
Figura N° 187: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	274
Figura N° 188: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°7 – semaforizada.....	275
Figura N° 189: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 - semaforizada	276
Figura N° 190: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 – semaforizada	277
Figura N° 191: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°8 – no semaforizada.....	278
Figura N° 192: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada	278
Figura N° 193: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°1 – no semaforizada.....	279
Figura N° 194: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada	279
Figura N° 195: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°2 – no semaforizada.....	280
Figura N° 196: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada	280
Figura N° 197: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°3 – semaforizada.....	281



Figura N° 198: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	282
Figura N° 199: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	283
Figura N° 200: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°4 – semaforizada	284
Figura N° 201: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 - semaforizada	285
Figura N° 202: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 – semaforizada	286
Figura N° 203: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°5 – no semaforizada	287
Figura N° 204: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada	287
Figura N° 205: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°6 – semaforizada	288
Figura N° 206: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	289
Figura N° 207: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	290
Figura N° 208: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°7 – semaforizada	291
Figura N° 209: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 - semaforizada	292
Figura N° 210: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 – semaforizada	293
Figura N° 211: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°8 – no semaforizada	294
Figura N° 212: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada	294
Figura N° 213: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°1 – no semaforizada	295
Figura N° 214: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada	295
Figura N° 215: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°2 – no semaforizada	296



Figura N° 216: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada	296
Figura N° 217: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°3 – semaforizada.....	297
Figura N° 218: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	298
Figura N° 219: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	299
Figura N° 220: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°4 – semaforizada.....	300
Figura N° 221: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 - semaforizada	301
Figura N° 222: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 – semaforizada	302
Figura N° 223: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°5 – no semaforizada.....	303
Figura N° 224: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada	303
Figura N° 225: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°6 – semaforizada.....	304
Figura N° 226: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	305
Figura N° 227: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	306
Figura N° 228: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°7 – semaforizada.....	307
Figura N° 229: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 - semaforizada	308
Figura N° 230: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 – semaforizada	309
Figura N° 231: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°8 – no semaforizada.....	310
Figura N° 232: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada	310
Figura N° 233: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°1 – no semaforizada.....	311



Figura N° 234: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada	311
Figura N° 235: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°2 – no semaforizada.....	312
Figura N° 236: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada	312
Figura N° 237: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°3 – semaforizada.....	313
Figura N° 238: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	314
Figura N° 239: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	315
Figura N° 240: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°4 – semaforizada.....	316
Figura N° 241: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 - semaforizada	317
Figura N° 242: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 – semaforizada	318
Figura N° 243: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°5 – no semaforizada.....	319
Figura N° 244: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada	319
Figura N° 245: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°6 – semaforizada.....	320
Figura N° 246: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	321
Figura N° 247: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	322
Figura N° 248: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°7 – semaforizada.....	323
Figura N° 249: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 - semaforizada	324
Figura N° 250: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 – semaforizada	325
Figura N° 251: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°8 – no semaforizada.....	326



Figura N° 252: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada	326
Figura N° 253: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°1 – no semaforizada.....	327
Figura N° 254: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°1 – no semaforizada	327
Figura N° 255: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°2 – no semaforizada.....	328
Figura N° 256: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°2 – no semaforizada	328
Figura N° 257: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°3 – semaforizada.....	329
Figura N° 258: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	330
Figura N° 259: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°3 – semaforizada	331
Figura N° 260: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°4 – semaforizada.....	332
Figura N° 261: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 – semaforizada	333
Figura N° 262: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°4 – semaforizada	334
Figura N° 263: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°5 – no semaforizada.....	335
Figura N° 264: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°5 – no semaforizada	335
Figura N° 265: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°6 – semaforizada.....	336
Figura N° 266: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	337
Figura N° 267: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°6 – semaforizada	338
Figura N° 268: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°7 – semaforizada.....	339
Figura N° 269: Ventana 1 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 – semaforizada	340



Figura N° 270: Ventana 2 de demora y nivel de servicio de la intersección N°7 – semaforizada	341
Figura N° 271: Identificación de direcciones y grupos de movimientos de la intersección N°8 – no semaforizada.....	342
Figura N° 272: Ventana de demora y nivel de servicio de la intersección N°8 – no semaforizada	342
Figura N° 273: Variación de los volúmenes vehiculares producidos por el proyecto en las intersecciones en estudio	345
Figura N° 274: Variación del crecimiento vehicular sin proyecto (transito futuro) desde el año 2019 al 2027	346
Figura N° 275: Variación del crecimiento vehicular con proyecto (transito futuro y generación de viajes) desde el año 2019 al 2027	347
Figura N° 276: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°1 – no semaforizada: Av. Huascar – Av. La Cultura.....	348
Figura N° 277: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°2 – no semaforizada: Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco.....	349
Figura N° 278: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°3 – semaforizada: Av. Arcopunco – Ca. Collacalle	349
Figura N° 279: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°4 – semaforizada: Av. Abracitos – Av. Tullumayo.....	350
Figura N° 280: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°5 – no semaforizada: Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa.....	350
Figura N° 281: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°6 – semaforizada: Av. Tullumayo – Av. Garcilaso	351
Figura N° 282: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°7 – semaforizada: Av. Huascar – Av. Garcilaso	351
Figura N° 283: Comparación del crecimiento vehicular sin proyecto y con proyecto de la intersección N°8 – no semaforizada: Av. Huascar – Calle A	352
Figura N° 284: Variación del crecimiento de los volúmenes peatonales por año de proyección	353



ÍNDICE FOTOGRÁFICO

Fotografía N°: 1: Toma de medidas en campo intersección N°5	376
Fotografía N°: 2: Toma de medidas en campo intersección N°3	376
Fotografía N°: 3: Toma de medidas en campo intersección N°3	376
Fotografía N°: 4: Toma de medidas en campo intersección N°3	378
Fotografía N°: 5: Toma de medidas en campo intersección N°6	378
Fotografía N°: 6: Toma de medidas en campo intersección N°3	378
Fotografía N°: 7: Toma de medidas en campo intersección N°6	378
Fotografía N°: 8: Toma de medidas en campo intersección N°7	379
Fotografía N°: 9: Toma de medidas en campo intersección N°7	379
Fotografía N°: 10: Aforo vehicular de la intersección N° 4	379
Fotografía N°: 11: Aforo vehicular de la intersección N° 4	379
Fotografía N°: 12: Aforo vehicular de la intersección N° 3	380
Fotografía N°: 13: Aforo vehicular de la intersección N° 3	380
Fotografía N°: 14 Aforo vehicular de la intersección N° 3	380
Fotografía N°: 15: Aforo vehicular de la intersección N° 5	380
Fotografía N°: 16: Aforo vehicular de la intersección N° 6	381
Fotografía N°: 17: Aforo vehicular de la intersección N° 6	381
Fotografía N°: 18: Aforo vehicular de la intersección N° 6	381
Fotografía N°: 19: Aforo vehicular de la intersección N° 6	381
Fotografía N°: 20: Aforo vehicular de la intersección N° 7	382
Fotografía N°: 21: Aforo vehicular de la intersección N° 7	382
Fotografía N°: 22: Aforo vehicular de la intersección N° 7	382
Fotografía N°: 23: Aforo vehicular de la intersección N° 7	382
Fotografía N°: 24: Inventario vial: Señal de circulacion solo buses tramo Av. La Cultura...	383
Fotografía N°: 25: Inventario vial: Señal de zona de presencia de peatones tramos Av. La Cultura	383
Fotografía N°: 26: Inventario vial: Señal de zona de presencia de peatones tramo Av. La Cultura	383
Fotografía N°: 27: Inventario vial: Señal velocidad máxima permitida tramo Av. La Cultura	383



Fotografía N°: 28: Inventario vial: Señal velocidad máxima permitida tramo Av. La Cultura	384
Fotografía N°: 29: Inventario vial: Señal de zona escolar tramo Av. La Cultura	384
Fotografía N°: 30: Inventario vial: Señal paradero de buses tramo Av. La Cultura	384
Fotografía N°: 31: Inventario vial: Señal proximidad de cruce peatonal tramo Av. La Cultura	384
Fotografía N°: 32: Inventario vial Señal paradero de buses tramo Ca.H. Rimaqpampa.....	385
Fotografía N°: 33: Inventario vial: Señal de zona escolar tramo Av. Arcopunco	385
Fotografía N°: 34: Inventario vial Señal paradero de buses tramo Av. Arcopunco.....	385
Fotografía N°: 35: Inventario vial: Señal dirección obligada tramo Av. Arcopunco	385
Fotografía N°: 36: Inventario vial: Señal paradero de buses tramo Av. Tullumayo.....	386
Fotografía N°: 37: Inventario vial: Señal de zona escolar tramo Av. Tullumayo.....	386
Fotografía N°: 38: Inventario vial: Señal de giro solamente a la derecha tramo Av. Tullumayo	386
Fotografía N°: 39: Inventario vial: Señal de zona escolar tramo Av. Tullumayo.....	386
Fotografía N°: 40: Inventario vial: Señal prohibido embarque y desembarque de pasajeros tramo Av. Tullumayo	387
Fotografía N°: 41: Inventario vial: Señal de paradero de buses tramo Av. Garcilaso	387
Fotografía N°: 42: Inventario vial: Señal velocidad máxima permitida tramo Av. Garcilaso	387
Fotografía N°: 43: Inventario vial: Señal velocidad máxima permitida tramo Av. Garcilaso	387
Fotografía N°: 44: Inventario vial: Señal de zona escolar tramo Av. Garcilaso	388
Fotografía N°: 45: Señal de paradero de buses tramo Av. Garcilaso.....	388
Fotografía N°: 46: Inventario vial: Señal prohibido estacionamiento de taxis tramo Av. Huascar	388
Fotografía N°: 47: Inventario vial: Señal de paradero de buses tramo Av. Huascar	388
Fotografía N°: 48: Inventario vial: Señal de zona de carga y descarga tramo Av. Huascar ..	389
Fotografía N°: 49: Inventario vial: Señal de zona escolar tramo Av. Huascar	389
Fotografía N°: 50: Inventario vial: Señal prohibido uso de la bocina tramo Av. Huascar	389
Fotografía N°: 51: Inventario vial: Señal prohibido estacionar zona de remolque tramo Av. Huascar.....	389

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

Actualmente el sistema de red vial que rodea el predio “Colegio La Salle” del Distrito de Wanchaq, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco, se encuentra afectada por grandes volúmenes de tránsito producto de la actividad socio – económica desarrollada en esta zona.

La presencia de nuevas infraestructuras tales como centros comerciales, instituciones Educativas, Conjuntos habitacionales, etc. constituyen grandes atractores de viajes y modifican el sistema de transporte público y privado de su entorno. En dicho predio se construirá el futuro Centro Comercial Boulevard Qoyllur. y la puesta en funcionamiento de este puede generar un impacto negativo a la circulación vehicular de la zona.

Si ante estos cambios la infraestructura vial existente no es adecuada para soportar el incremento de estos flujos (transporte público y privado), se inician los problemas de congestión, y otras externalidades (accidentes, contaminación ambiental, etc).

1.1.1.1 Ubicación Geográfica.

El sistema vial que rodea el predio “Colegio La Salle” se ubica en el Distrito de Wanchaq, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco, Este involucra las intersecciones:

Figura N° 1: Sistema vial que rodea el predio “La Salle”



Referencia: (Google Earth)



Tabla N° 1: Nomenclatura de las intersecciones no semaforizadas

<i>Intersecciones no Semaforizadas</i>	<i>Nombres</i>
<i>I-1</i>	AV. HUASCAR – AV. LA CULTURA
<i>I-2</i>	CA. HATUN RIMAQPAMPA – AV. ARCOPUNCO
<i>I-5</i>	AV. TULLUMAYO – CA. HATUN RIMAQPAMPA
<i>I-8</i>	AV. HUASCAR – CALLE A

Referencia: Elaboración propia

Tabla N° 2: Nomenclatura de las intersecciones semaforizadas

<i>Intersecciones Semaforizadas</i>	<i>Nombres</i>
<i>I-3</i>	AV. ARCOPUNCO – CA. COLLACALLE
<i>I-4</i>	AV. ABRACITOS – AV. TULLUMAYO
<i>I-6</i>	AV. TULLUMAYO – AV. GARCILASO
<i>I-7</i>	AV. HUASCAR – AV. GARCILASO

Referencia: Elaboración propia



La intersección N°1 Av. Huascar – Av. La Cultura se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

Figura N° 2: Intersección no Semaforizada Av. Huascar – Av. La Cultura



Referencia: Google Maps

La intersección N°2 Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

Figura N° 3: Intersección no Semaforizada Ca. Hatun Rimaqpampa – Av. Arcopunco

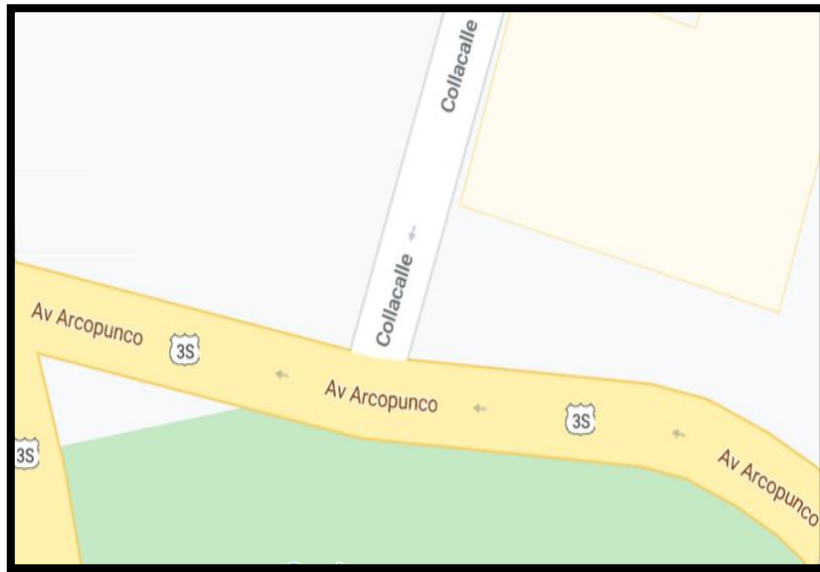


Referencia: Google Maps



La intersección N°3 Av. Arcopunco – Ca. Collacalle se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

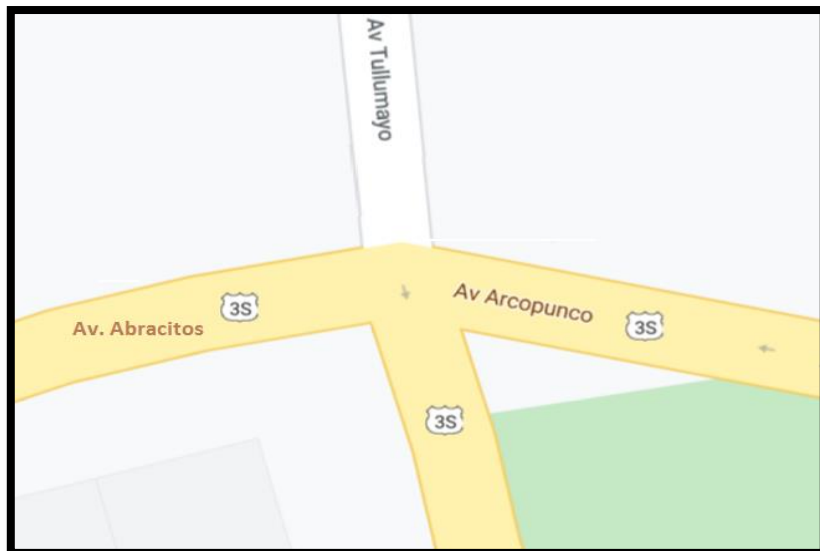
Figura N° 4: Intersección Semaforizada Av. Arcopunco – Ca Collacalle



Referencia: Google Maps

La intersección N°4 Av. Abracitos – Av. Tullumayo se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

Figura N° 5: Intersección Semaforizada Av. Abracitos – Av. Tullumayo



Referencia: Google Maps



La intersección N°5 Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

Figura N° 6: Intersección no Semaforizada Av. Tullumayo – Ca. Hatun Rimaqpampa



Referencia: Google Maps

La intersección N°6 Av. Tullumayo – Av. Garcilaso se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

Figura N° 7: Intersección Semaforizada Av. Tullumayo – Av. Garcilaso



Referencia: Google Maps



La intersección N°7. Av. Huascar – Av. Garcilaso se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

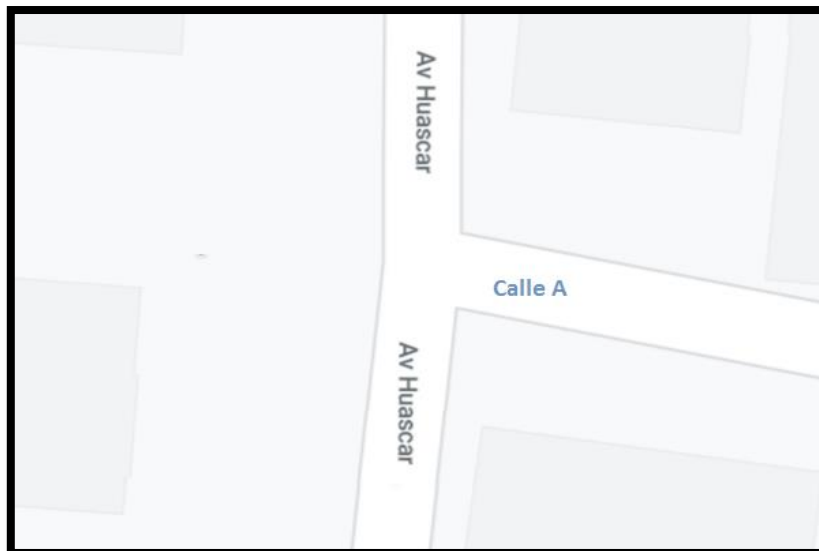
Figura N° 8: Intersección Semaforizada Av. Huascar – Av. Garcilaso



Referencia: Google Maps

La intersección N°8 Av. Huascar – Calle A se encuentra en el distrito de Wanchaq, provincia del Cusco, departamento del Cusco.

Figura N° 9: Intersección no Semaforizada Av. Huascar – Calle A



Referencia: Google Maps



1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el impacto vial generado al sistema vial que rodea el Colegio La Salle por la construcción del Centro comercial Boulevard Qoyllur en el distrito de Wánchaq - Cusco?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico N°1: ¿En qué medida varía los tiempos de demora sin proyecto que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle en comparación a los tiempos de demora con proyecto?

Problema específico N°2: ¿En qué medida varía el grado de saturación sin proyecto de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle en comparación al grado de saturación con proyecto?

Problema específico N°3: ¿Cuál es la demanda de viajes generado al sistema vial que rodea el colegio La Salle por la construcción del centro comercial Boulevard Qoyllur del distrito de Wanchaq - Cusco?

Problema específico N°4: ¿En qué medida varia la demanda vehicular futura sin proyecto de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle en comparación con la demanda vehicular futura con proyecto?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

Aplicando la metodología que nos ofrece el manual de capacidad vial americano (HCM), metodología de tránsito futuro y metodología de demanda de viajes los aportes técnicos de esta investigación serán:

- Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio actual de las intersecciones en estudio, estimación del nivel de servicio futuro con proyecto y sin proyecto (después de la construcción y puesta en funcionamiento del centro comercial) y comparación de estas estimaciones.
- Determinación a través de la metodología de demanda de viajes el porcentaje de flujos vehiculares que ingresan y salen del sistema de red vial.



- Evaluación del impacto vial futuro para el año base del 2022 y el año horizonte del 2027 (horizonte 5 años), con proyecto (desde la operación de este) y sin proyecto
- Hallazgo de las respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a soluciones a corto, mediano y largo plazo.

1.2.2 Justificación social

La construcción de nuevas infraestructuras tales como: Centros comerciales, instituciones Educativas, Conjuntos habitacionales, etc traen consigo el cambio del uso del suelo, este genera nuevos problemas al sistema vial y de transporte, es decir el usuario que se moviliza por este sistema vial se vería afectado directamente por la construcción del Centro comercial (antes “Colegio La Salle”) en esta zona, al analizar los impactos podemos dar alternativas de solución para que estos impactos se minimicen.

El estudio permitirá conocer la variación que sufrirá el sistema vial de transporte público y privado, debido al incremento vehicular por la presencia de nuevos proyectos urbanos.

1.2.3 Justificación por viabilidad

La presente investigación es factible porque contamos con los siguientes datos:

- Se tiene acceso a la zona de investigación.
- La metodología del HCM y software Synchro de modelación están al alcance y disposición de cualquier operario.
- Las metodologías de demanda de viajes y los manuales de generación de viajes (Trip Manual of Institute of Transportation Engineers y Trip manual de La Ciudad de San Diego) están al alcance y disposición de cualquier proyectista.
- Contamos con el financiamiento requerido para realizar la investigación eficientemente.

1.2.4 Justificación por relevancia

El tema de investigación es de gran importancia ya que las intersecciones del sistema vial que rodea el futuro Centro Comercial Qoyllur, son las más transitadas en la ciudad del Cusco, y en la que se presentan ciertos problemas de circulación producto de la actividad socio – económica desarrollada en esta zona.



Por esta razón que al conocer y evaluar el nivel de servicio y la capacidad vial antes y después de la construcción del Centro comercial nos llevara a proponer respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen posibles soluciones.

1.3 Limitaciones de la investigación

El área de investigación se limita a ocho intersecciones, ubicadas en el sistema vial que rodea el predio “Colegio La Salle” del Distrito de Wanchaq, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

Intersección N°1: Avenida la Cultura – Avenida Huascar.

Intersección N°2: Calle Hatun Rimaqpampa – Avenida Arcopunco.

Intersección N°3: Avenida Tullumayo – Calle Hatun Rimaqpampa.

Intersección N°4: Avenida Abracitos – Avenida Tullumayo.

Intersección N°5: Avenida Arcopunco – Calle Collacalle.

Intersección N°6: Avenida Tullumayo – Avenida Garcilazo.

Intersección N°7: Avenida Huascar – Avenida Garcilazo.

Intersección N°8: Avenida Huascar – Calle A.

La investigación se limita en el ámbito de la Ingeniería Civil específicamente en referencia a operaciones de tránsito (Niveles de Servicio) e impacto vial.

- La recolección de datos de volúmenes de tránsito y aforo peatonales se realizaron en los meses de mayo y junio del 2019.
- Los conteos vehiculares se realizaron de lunes a viernes durante un periodo de ocho semanas (una semana por cada intersección) comprendidas entre las fechas del lunes 06 de mayo al viernes 28 de junio del 2019.
- Los conteos vehiculares se realizaron en horas punta en intervalos de horas de: 6:30 a.m. – 8:30 a.m.; 12:30 p.m. – 2:30 p.m. y 6:30 p.m. – 8:30 p.m.
- La recolección de datos de usos de suelo se realizó en el mes de agosto del 2019 durante cinco días (un día de recolección por zona).
- Se evaluará el impacto vial mediante la variación de los niveles de servicio en cada intersección perteneciente al sistema de red vial que rodea el predio “Colegio La Salle”



- Se evaluará el impacto vial (variación del nivel de servicio) en dos años de análisis año base 2022 puesta en funcionamiento (sin proyecto y con proyecto) y año horizonte 2027 (sin proyecto y con proyecto)
- Se utilizó la teoría de tránsito futuro para estimar los volúmenes vehiculares futuros sin proyecto para el año base 2022 y el año horizonte 2027.
- Se utilizó la metodología de demanda de viajes de cuatro pasos (generación, distribución, elección del modo y asignación de viajes) para estimar los volúmenes vehiculares futuros que genera el proyecto.
- Se utilizó los manuales de generación de viajes del ITE (Institute of Transportation Engineers) y de la Ciudad de San Diego.
- Se utilizó la matriz de distribución o matriz de orígenes y destinos (matriz O/D) para distribuir los viajes que genera el proyecto.
- Se utilizó el factor de fricción en función de los tiempos de viajes en el paso de distribución de viajes.
- Se utilizó las velocidades máximas permitidas (posteadas) para el cálculo de los tiempos de viaje.
- Se utilizó la aplicación del Google Maps para determinar las distancias físicas promedio entre zonas, para el cálculo de los tiempos de viaje.
- Se utilizó el factor socioeconómico igual a 1 en el paso de distribución de viajes.
- Se tomó a criterio, que el total de viajes generados por el proyecto fueron realizados en modo automático (viajes en vehículos mixtos); obviando los viajes a pie y bicicleta en el paso de elección del modo.
- Se tomó a criterio asignar el total de viajes generados por el proyecto a todas las rutas potenciales posibles para llegar de las zonas externas al proyecto, así como también para salir.
- Se utilizó el software Synchro 8 y la metodología HCM para hallar los niveles de servicio de cada intersección perteneciente al sistema de red vial que rodea al futuro centro comercial.
- La investigación se limita al análisis del impacto vial mas no a la mitigación.



1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar el impacto vial generado al sistema vial que rodea el Colegio La Salle por la construcción del Centro comercial Boulevard Qoyllur en el distrito de Wánchaq – Cusco.

1.4.2 Objetivos Específicos

Objetivo específico N°1: Comparar los tiempos de demora sin proyecto que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle con respecto a los tiempos de demora con proyecto.

Objetivo específico N°2: Comparar el grado de saturación sin proyecto de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle con respecto al grado de saturación con proyecto.

Objetivo específico N°3: Determinar la demanda de viajes generado al sistema vial que rodea el colegio La Salle por la construcción del centro comercial Boulevard Qoyllur del distrito de Wanchaq - Cusco

Objetivo específico N°4: Comparar la demanda vehicular futura sin proyecto de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle con respecto a la demanda vehicular futura con proyecto



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Tesis

2.1.1 Antecedentes a nivel Nacional

- Antecedente N°1

Autor: Barazorda Carrilo, Ruben Antonio

Título de la tesis: Análisis del impacto vial generado por el cierre parcial de la plazoleta San Francisco por motivos de peatonalización y propuesta de mitigación

Institución: Universidad Andina del Cusco

Lugar: Cusco - Perú

Año: 2017

Esta tesis consiste en analizar el impacto que generará el cierre parcial de la plaza San Francisco, el cual es uno de los sistemas viales más importantes del centro histórico de la Ciudad del Cusco. Esta medida de cierre se dio propuesta e implementada por la Municipalidad Provincial del Cusco, quien es el órgano encargado de evaluar y gestionar la movilidad y el tránsito en la ciudad.

El cambio en la movilidad e infraestructura a analizar en esta tesis, se debe a políticas de transporte orientadas a mejorar los espacios peatonales y reducir los espacios o infraestructura vehicular. Esta tesis no justifica la razón del cierre sin embargo evalúa los impactos positivos o negativos que este tenga.

Conclusiones:

Conclusión N°1:

El estudio realizado logro demostrar que la capacidad vial que ofrecen las intersecciones semaforizadas una vez efectuado el cierre parcial es menor en comparación a la capacidad vial que ofrecen las intersecciones sin el cierre parcial.

Conclusión N°2:

El estudio demostró que los sistemas de control para las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas son diferentes para los escenarios con cierre y con propuesta de mitigación. Estos cambios logran reducir las demoras y optimizar los niveles de servicio.



Conclusión N°3:

El estudio demostró que con el cierre parcial de la plaza San Francisco efectuado y la propuesta de mitigación se obtuvieron resultados de grados de saturación V/C, siendo estos mayores para las intersecciones directamente afectadas por el cierre parcial y menores para el escenario con mitigación u optimizado.

Conclusión N°4:

El estudio demostró que las condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas fueron más favorables con respecto a las condiciones geométricas de las intersecciones no semaforizadas.

Conclusión N°5:

La tesis determino que la influencia de la presencia de estacionamientos y paraderos genera directamente un congestionamiento en las vías comprometidas razón por la cual se pudo verificar la clausura de muchos lugares de estacionamientos ubicados en las calles alrededor del sistema vial de la plaza San Francisco.

Conclusión N°6:

El estudio comprobó que la demanda vehicular y peatonal en el sistema vial de la plaza San Francisco y sus calles aledañas es muy elevado lo cual proporciona un grado de congestión tanto vehicular como peatonal.

- **Antecedente N°2**

Autor: Sotelo Montes, Javier Enrique

Título de la tesis: Análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y de transporte.

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Lima - Perú

Año: 2010

Esta tesis consiste en analizar los impactos producidos por el desarrollo de proyectos urbanos en el sistema de transporte, esta tesis es importante porque nos permite predecir, analizar y dar alternativas de solución para los impactos que producen éstos en el sistema, sean positivos o negativos.



Esta tesis también relaciona el uso del suelo y transporte, debido a que los impactos producidos por los cambios en el uso del suelo están directamente relacionados con la infraestructura vial y servicios de transporte.

Conclusión N°1.-

Se demuestra que existe una relación interfuncional entre el uso del suelo y el sistema transporte en la zona de estudio, por la cantidad de personas que transitan diariamente y estas personas emplean el sistema vial y de transporte (público y privado), para movilizarse. También se demuestra que los grandes almacenes, conjuntos habitacionales, etc., en zonas que han cambiado de uso de suelo, hacen que estos se conviertan en grandes atractores de viajes y modifican el tránsito y producen generalmente los siguientes impactos negativos en la vía: La velocidad de tránsito en esta intersección es menor, El tiempo de viaje de las personas es mayor, el servicio de transporte público es deficiente y de mala calidad y el impacto ambiental por contaminación por CO2 aumenta.

Conclusión N°2.-

Con la presencia de estos proyectos urbanos (hipermercados, grandes almacenes y otros centros comerciales en el cono norte) se alteran los tiempos en horas pico incluso se cambian. Las vías donde se ha realizado cambios de uso de suelo, generalmente presentan grandes congestionamientos por lo que es necesario tomar acciones tanto en el sistema vial como en el de transporte y en la zona de estudio no se tiene flujo libre de circulación y velocidades de operación adecuada, por la mala práctica de los conductores de los vehículos de servicio público.

Conclusión N°3.-

El impacto más preponderante que produce el cambio en el uso del suelo es generalmente la congestión y contaminación ambiental, por la presencia de vehículos parados en una intersección semaforizada.

2.1.2 Antecedentes a nivel Internacional

- **Antecedente N°3**

Autor: Balderas Madera, Lorenzo

Título de la tesis: El impacto vial centros comerciales en la ciudad de Villahermosa, Tabasco

Institución: Universidad Autónoma de Nuevo León

Lugar: México



Año: 1998

Esta tesis evalúa el problema de los impactos viales por la puesta en operación de centros comerciales para lo cual seguirá un método, donde se podrá evaluar el impacto vial que este ocasiona, y de esta manera propone alternativas de solución para mitigar el efecto causado. Esta tesis también determina de una manera matemática el número de viajes que puede generar un centro comercial fuera de su área construida. Diagnostica la necesidad de alguna mejora vial específica, que debiera ser realizada en las vialidades adyacentes y/o aledañas a un desarrollo propuesto, a fin de garantizar al usuario de la red vial que el nivel de Servicio (Ns) que esté recibiendo no se vea seriamente afectado por la presencia del nuevo desarrollo.

Conclusión N°1.-

Todas las intersecciones deben operar, como mínimo, en el nivel de servicios "D" durante la hora de, máxima demanda del sistema vial. En las zonas donde los niveles de servicio sean "D" o peor, antes de la construcción del desarrollo, este nivel de servicio debe ser mantenido o mejorado.

Conclusión N°2.-

Entre las mejoras propuestas se incluyen: adición o aumentar la longitud de carriles exclusivos para giros, cambios en los dispositivos de control de tránsito, cambios de los sentidos de circulación, etc.

Conclusión N°3.-

Se concluyó que las propuestas de mejora deben incluir las siguientes evaluaciones:

Evaluación de la intersección, según diferentes alternativas: construcción de carriles adicionales, cambios de fases y ciclos, instalación de dispositivos de control, modificación del uso de los carriles.

Evaluación de la distancia entre semáforos y la progresión del sistema en los corredores.

Evaluación de la longitud de las filas que se forman para determinar la longitud adecuada de los carriles de giros y la disponibilidad de derechos de vía, para las mejoras geométricas.



- **Antecedente N°4**

Autor: Vela Morales, Francisco Guillermo.

Título de la tesis: Estudio de impacto vial.

Institución: Universidad San Carlos de Guatemala.

Lugar: Guatemala.

Año: 2008

Este trabajo de investigación consiste en la descripción teórica y práctica sobre la metodología para la determinación de los impactos de los desarrollos comerciales industriales, residenciales o de usos mixtos sobre la red vial local.

Este estudio utiliza la palabra desarrollo para describir cualquier proyecto de construcción que genere viajes o tránsito entrando o saliendo del mismo. El tipo de impacto que se estudia en esta tesis es el local, es decir estudia como un proyecto o desarrollo influye directamente sobre el sistema vial adyacente, creando congestión en el tránsito.

Conclusión N°1.-

Con el crecimiento de la población urbana y rural, actividades económicas y nuevos proyectos o desarrollos aumenta el tránsito, consecuentemente aumentan los problemas de congestión. También concluye que una de las principales causas para la no implementación de los EIV es el desconocimiento, la mayoría de profesionales que se dedican a la construcción de obras físicas no conocen la necesidad de realizar estudios de impacto vial para mitigar futuros problemas de tránsito.

Conclusión N°2.-

Las municipalidades son responsables del desarrollo de sus poblados urbanos y rurales, y estas no se preocupan de la elaboración de planes de desarrollo con la inclusión de la zonificación y especificación de usos del suelo, ni de la elaboración de EIV.

Conclusión N°3.-

La mitigación de impactos viales tiene tres formas básicas: aumentar la capacidad, reducir la demanda o ambos.

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1 Sistema de transporte

El sistema de transporte contiene 3 elementos: La infraestructura, los vehículos y operación. La infraestructura corresponde a los elementos que sirven de soporte físico a los vehículos; ejemplo de estas son las calles urbanas y caminos interurbanos, las vías Ferreras, los puertos y los aeropuertos. Los vehículos son los dispositivos con que se desplazan propiamente las personas y las mercancías; ejemplo son los automóviles, buses, camiones, trenes, barcos y aviones. La operación corresponde a los medios de ordenamiento de los vehículos sobre la infraestructura; ejemplos son los semáforos y señalización, los sistemas de control de tráfico aéreo y ferroviario, entre otras.

(De Solminihac T., Echeveguren N., & Chamorro G., 2018)

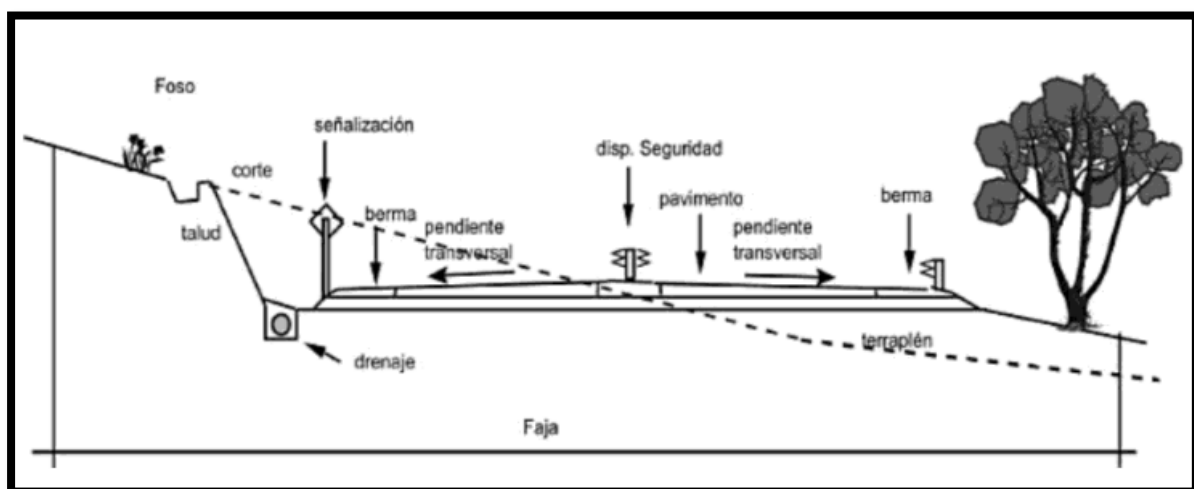
2.2.2 Infraestructura vial

La infraestructura vial consta de todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro, minimizando las externalidades. Esto incluye los pavimentos, los puentes, los túneles, los dispositivos de seguridad, señalización, sistemas de drenaje, terraplenes, y elementos paisajísticos.

(De Solminihac T., Echeveguren N., & Chamorro G., 2018)

También, según el (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial MTC, 2006) “la infraestructura vial constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos.”

Figura N° 10: Elementos de la infraestructura vial



Referencia: (De Solminihac T., Echeveguren N., & Chamorro G., 2018)



2.2.3 Usuarios de la vía

2.2.3.1 El conductor

Técnicamente, podría definirse como aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo. Empleando términos más gráficos, podría decirse que el conductor es el cerebro del vehículo.

2.2.3.2 El vehículo

El vehículo es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene, por lo que el estudio de sus características y comportamiento es fundamental.

(Bañon Blazquez & Beviá García, 2000)

2.2.3.3 El peatón y su interacción con la vía

En zonas urbanas, la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por peatones y vehículos. Fuera de ellas, el tráfico de peatones disminuye considerablemente, aun estando permitido en todas las vías a excepción de las autopistas.

El comportamiento de este colectivo es si cabe aún más impredecible que el de los vehículos ya que, salvo que perciba situaciones de evidente peligro, el peatón tendera a hacer lo más corto posible su recorrido, atajando allá donde sea posible, aun infringiendo las normas de seguridad vial.

(Bañon Blazquez & Beviá García, 2000)

2.2.4 Intersecciones

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

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.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005)



2.2.4.1 Tipos de intersecciones

Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel, entre carreteras o con vías férreas, en función a las características de las vías que se cruzan y los requerimientos del diseño geométrico del proyecto.

2.2.4.2 Intersecciones a nivel

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar 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.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones DG, 2018)

2.2.4.2.1 Tipos 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.

Figura N° 11: Tipos de Intersecciones a nivel

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60° y 120°
En Y	tres	< 60° y >120°
En X	cuatro	< 60°
En +	cuatro	>60°
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Referencia: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización, como se muestra en la figura 11.

Figura N° 12: Variedad de tipos de intersecciones a nivel

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

Referencia: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.2.5 Dispositivos para el control de tránsito

Se denominan dispositivos para el control de tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera.

(Reyes Spíndola & Cardenas Grisales, 1994)



2.2.6 Señales verticales

2.2.6.1 Clasificación de señales verticales

De acuerdo a la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 3 grupos:

a.-Señales reguladoras o de reglamentación: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.

b. Señales de prevención: Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

c. Señales de información: Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones MDCT, 2016)

2.2.6.2 Clasificación de las señales reguladoras o de reglamentación

Se clasifican en señales de:

- a. Prioridad
- b. Prohibición
 - De maniobras y giros
 - De paso por clase de vehículo
 - Otras
- c. Restricción
- d. Obligación
- e. Autorización

2.2.6.2.1 Señales de prioridad

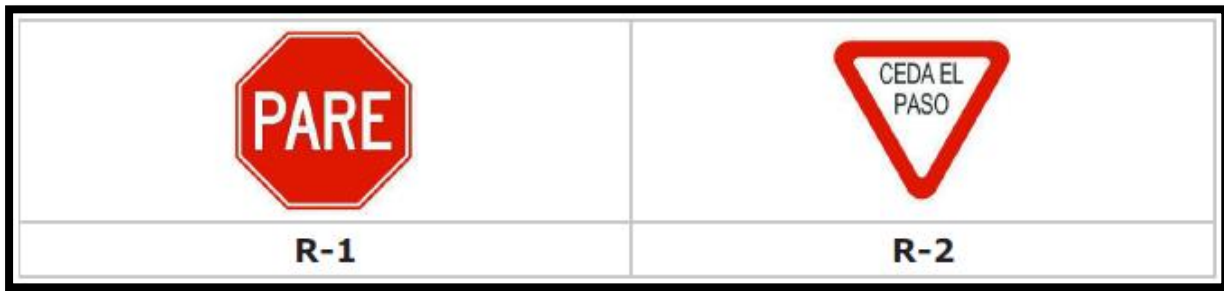
Son aquellas que regulan el derecho de preferencia de paso, y son las dos siguientes:

(R-1) SEÑAL DE PARE

(R-2) SEÑAL DE CEDA EL PASO

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Figura N° 13: Señales de prioridad



Referencia: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MDCT 2016)

La señal (R-1) PARE dispone que el conductor de un vehículo se detenga antes de cruzar una intersección, y debiendo determinarse su ubicación de acuerdo al estudio de ingeniería vial antes indicado, puesto que su uso indiscriminado puede afectar negativamente a su credibilidad, y en lugar de ayudar a la seguridad vial en una intersección puede generar inseguridad.

La señal (R-2) CEDA EL PASO dispone que el conductor de un vehículo que circula por una vía de menor prioridad, (vía secundaria o auxiliar) permita el paso de otro vehículo que circula por una vía de mayor prioridad (vía principal). Su ubicación está en función de la visibilidad del que circula por la vía de menor prioridad y la distancia necesaria para ceder el paso antes de entrar a una intersección. En caso contrario, debe emplearse la señal (R-1) PARE.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MDCT 2016)

2.2.7 Semáforos

Según (Kraemer, y otros, 2003), “Un semáforo es un dispositivo de regulación de tráfico que asigna de forma secuencial el derecho de paso a cada movimiento o grupo de movimientos que confluyen en una intersección”

Ventajas:

- Ordena la circulación de tránsito y, en muchos casos, mediante una asignación apropiada del derecho al uso de la intersección, optimiza la capacidad de las calles.
- Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- Con espaciamientos favorables se puede sincronizar para mantener una circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta determinada. En algunos casos, esa velocidad constante es conveniente reducirla para fines de seguridad.



- Permiten interrumpir periódicamente los volúmenes de tránsito intensos de una arteria, para conceder el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.

Desventajas:

- Se incurre en gastos no justificados para soluciones que podrían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- Producen reacción desfavorable en el público, con la consiguiente falta de respeto hacia ellos o a las autoridades.
- Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo en las horas del día, cuando se presentan escasos volúmenes de tránsito que no requieren control de semáforos.
- Aumentan la frecuencia o gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, especialmente en casos de focos fundidos o interrupciones del servicio eléctrico.

(Reyes Spíndola & Cardenas Grisales, 1994)

2.2.8 Volumen de tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

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

Donde:

Q= Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N= Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T= Periodo determinado (unidades de tiempo)

(Reyes Spíndola & Cardenas Grisales, 1994)

2.2.9 Capacidad

Se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

(Reyes Spíndola & Cardenas Grisales, 1994)



2.2.10 Niveles de servicio

EL nivel de servicio puede ser caracterizada para la intersección completa, para cada acceso de la intersección, y cada grupo de carril. La demora de control solo se utiliza para caracterizar el nivel de servicio para toda la intersección o para cada acceso de la intersección. La demora cuantifica el aumento en el tiempo de viaje debido al control de la señal de tráfico. También es una medida sustituta del malestar del conductor y consumo de combustible.

La demora es una medida de rendimiento importante para los elementos del sistema de flujo interrumpido. Hay varios tipos de demora, pero la demora de control (la demora provocada por la presencia de un dispositivo de control de tráfico) es la principal medida de servicio en el HCM para evaluar los niveles de servicio en las intersecciones señalizadas y no señalizadas.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11 Nivel de servicio en intersecciones

2.2.11.1 Metodología HCM para intersecciones semaforizadas

2.2.11.1.1 Demanda

La demanda para un movimiento de tráfico de una intersección se define como el conteo de vehículos que llegan a la intersección durante el período de análisis dividido por la duración del período de análisis. Se expresa como una tasa de flujo por hora, pero puede representar un periodo de análisis inferior a 1 h.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.2 Factor de hora punta de intersección

Se calcula un factor de hora punta para toda la intersección con la siguiente ecuación:

$$PHF = \frac{n_{60}}{4n_{15}}$$

Dónde:

PHF = factor de hora punta

n₆₀ = conteo de vehículos durante un período de 1 hora (veh)

n₁₅ = conteo de vehículos durante el período de pico de 15 minutos (veh)

El conteo utilizado en el denominador de la ecuación debe tomarse durante un período de 15 minutos que se produce dentro del período de 1 h representado por la variable en el numerador.



Ambas variables en esta ecuación representan el número total de vehículos que ingresan a la intersección durante sus respectivos períodos de tiempo. Como tal, se calcula un factor de hora punta para la intersección. Este factor se aplica entonces de forma individual a cada movimiento del tráfico. Los valores de este factor típicamente van desde 0.80 a 0.95.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.3 Relación de pelotón

La relación de pelotón se utiliza para describir la calidad de la señal de progresión para el grupo de movimiento correspondiente. Se calcula como la tasa de flujo de la demanda durante la indicación verde dividida por la tasa de flujo promedio de demanda. Valores para la relación de pelotón normalmente oscilan entre 0,33 y 2,0. La figura 18-8 proporciona una indicación de la calidad de progresión asociada con los valores de relación de pelotón.

Tabla N° 3: Relación entre el tipo de llegada y calidad de progresión

Proporción de pelotón	Tipo de llegada	Calidad de progresión
0.33	1	Muy pobre
0.67	2	Desfavorable
1.00	3	Llegadas al azar
1.33	4	Favorable
1.67	5	Muy favorable
2.00	6	Excepcionalmente favorable

Referencia: (Transportation Research Board, 2010)

La relación de pelotón para un grupo de movimiento se puede estimar a partir de datos de campo con la siguiente ecuación:

$$R_p = \frac{P}{g/C}$$

Dónde:

R_p = relación de pelotón,

P = proporción de vehículos que llegan durante la indicación verde (decimal),

g = tiempo verde efectivo (s), y

C = longitud del ciclo (s).

La “proporción de vehículos que llegan durante la indicación verde” P es calculado como el conteo de vehículos que llegan durante la indicación verde dividido por el conteo de vehículos



que llegan durante todo el ciclo de la señal. Este es un valor promedio que representa las condiciones durante el periodo de análisis.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.4 Cola inicial

La cola inicial representa la cola presente al inicio del período de análisis para el grupo de movimiento. Esta cola se crea cuando la sobresaturación se mantiene durante un tiempo prolongado. La cola inicial se puede estimar al monitorear el conteo de la cola continuamente durante cada uno de los tres ciclos consecutivos que ocurren justo antes del inicio del período de análisis. Se registra el conteo más pequeño observado durante cada ciclo. La estimación inicial de la cola es igual al promedio de los tres conteos.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.5 Tasa de flujo peatonal

La tasa de flujo de peatones se basa en el conteo de peatones que viajan en el cruce de peatones que atraviesan los vehículos que giran a la derecha del acceso estudiado durante el período de análisis. Por ejemplo, la tasa de flujo peatonal para el enfoque hacia el oeste describe el flujo peatonal en el cruce de peatones en el tramo norte. Se toma un conteo separado para cada dirección de viaje en el cruce de peatones. Cada conteo se divide por la duración del período de análisis para producir una tasa de flujo direccional por hora. Estas tasas se agregan para obtener la tasa de flujo peatonal.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.6 Máximo verde

La configuración máxima de verde define la cantidad máxima de tiempo que se puede mostrar una indicación de señal verde en presencia de una demanda conflictiva. Los valores verdes máximos típicos para las fases de giro a la izquierda varían de 15 a 30 s. Los valores típicos de las fases de paso que sirven al acceso de la calle menor van de 20 a 40 s, y los valores de las fases de paso que sirven al acceso de la calle mayor en un rango de 30 a 60 s.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.7 Mínimo verde

El ajuste mínimo de verde representa la menor cantidad de tiempo que se muestra una indicación de señal verde cuando se activa una fase de señal. Su duración se basa en la



consideración del tiempo de reacción del conductor, el tamaño de la cola y la expectativa del conductor. El verde mínimo suele oscilar entre 4 y 15 s, con valores más cortos en este rango que se utilizan para las fases en las que se realizan los movimientos de giro y los movimientos de volumen más bajos de paso.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.8 Cambio amarillo y despeje rojo

El cambio amarillo y los ajustes de despeje rojo se ingresan para cada fase de señal. El intervalo de cambio amarillo pretende alertar a un conductor sobre la presentación inminente de una indicación roja. El rango varía de 3 a 6 s, con valores más largos en este rango que se usan con fases que sirven a movimientos de alta velocidad. El intervalo de despeje rojo se puede usar para permitir que transcurra un breve tiempo después de la indicación amarilla, durante el cual las señales de tráfico asociadas con la fase final y todas las fases en conflicto muestran una indicación roja. Si se utiliza, el intervalo de despeje rojo suele ser de 1 o 2 s.

(Transportation Research Board, 2010)

2.2.11.1.9 Pasos para determinar el nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Paso 1: Determinar grupos de movimiento y grupos de carril

La metodología para intersecciones señalizadas utiliza el concepto de grupos de movimiento y grupos de carriles para describir y evaluar la operación de la intersección.

- **Grupos de carriles y grupos de movimiento**

La metodología del automóvil está diseñada para evaluar el desempeño de carriles designados, grupos de carriles, en el acceso de la intersección y toda la intersección. Un carril o un grupo de carriles designados para su análisis independiente se conoce como un grupo de carril. En general, se establece un grupo de carril separado para (a) cada carril (o combinación de carriles adyacentes) que sirve exclusivamente un movimiento y (b) cada carril compartido por dos o más movimientos.

El concepto de grupos de movimiento también se establece para facilitar la entrada de datos. Un grupo de movimiento separado se establece para (a) cada movimiento de giro con uno o más carriles de giro exclusivos y (b) el movimiento de paso (incluido cualquier movimiento de giro que comparten un carril).

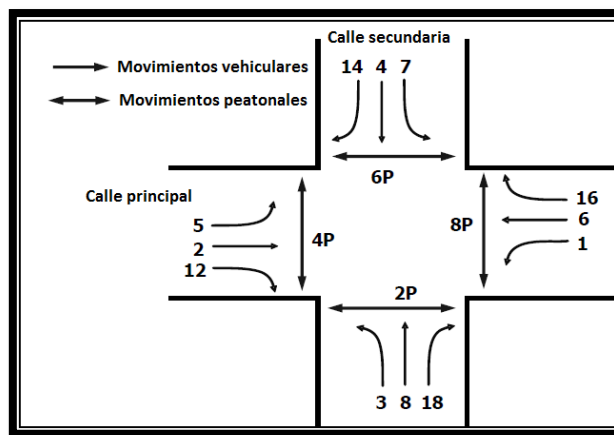
(Transportation Research Board, 2010)

• **Movimiento y numeración de fases**

La figura 11 ilustra los movimientos de tráfico de vehículos y peatones en una Intersección de cuatro ramales. Tres movimientos de tráfico vehiculares y un movimiento de tráfico peatonal se muestran para cada acceso de intersección. Para facilitar la discusión en este capítulo, a cada movimiento se le asigna un número único o una combinación de letras y números. La letra P denota un movimiento peatonal.

(Transportation Research Board, 2010)

Figura N° 14: Movimientos de tráfico en la intersección y esquema de numeración



Referencia: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla N° 4: Grupos de carriles típicos para el análisis

N° de carriles	Movimientos por carriles	Grupos de Movimiento (MG)	Grupo de carriles (LG)
1	MI + MR + MD :	MG 1:	LG 1:
2	MI EXC : MR + MD :	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	MI + MR : MR + MD :	MG 1:	LG 1: LG 2:
3	MI EXC : MI EXC : MR : MR : MR + MD :	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Referencia: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 2: Determinar la tasa de flujo del grupo de movimiento

La tasa de flujo para cada grupo de movimiento se determina en este paso. Si un movimiento de giro sirve a uno o más carriles exclusivos y no hay carriles compartidos, entonces la tasa de



flujo de ese movimiento se asigna a un grupo de movimiento. Cualquiera de los flujos en los accesos que aún no se han asignado a un grupo de movimiento (siguiendo la aplicación de la guía en la oración anterior) se asigna a un grupo de movimiento.

(Transportation Research Board, 2010)

Paso 3: Determinar la tasa de flujo del grupo de carriles

La tasa de flujo del grupo de carril se determina en este paso. Si no hay carriles compartidos en el acceso de la intersección o el acceso tiene un solo carril, hay una correspondencia uno a uno entre grupos de carriles y grupos de movimientos. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carril es igual a la tasa de flujo del grupo de movimiento.

(Transportation Research Board, 2010)

Paso 4: Determinar la tasa de flujo de saturación ajustada

La tasa de flujo de saturación ajustada para cada carril de cada grupo de carril es calculado en este paso. La tasa de flujo de saturación base proporcionada como una variable de entrada se utiliza en este cálculo.

La tasa de flujo de saturación calculada es referida como la tasa de flujo de saturación "ajustada" porque refleja la aplicación de varios factores que ajustan la tasa de flujo de saturación base a las condiciones específicas presentes en el acceso de la intersección estudiada.

$$S = S_0 f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$$

Dónde

S = tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h/carril),

S_0 = tasa de flujo de saturación base (veh/h/carril),

f_w = factor de ajuste por ancho de carril,

f_{HV} = factor de ajuste por vehículos pesados,

f_g = factor de ajuste por pendiente,

f_p = factor de ajuste por estacionamiento

f_{bb} = factor de ajuste por el efecto de bloqueo de buses locales que se detienen dentro de área de la intersección,

f_a = factor de ajuste por el tipo de área,



f_{LU} = factor de ajuste por la utilización del carril,

f_{LT} = factor de ajuste por giro a la izquierda,

f_{RT} = factor de ajuste por giro a la derecha,

f_{Lpb} = factor de ajuste peatonal, y

f_{Rpb} = factor de ajuste para bicicletas.

(Transportation Research Board, 2010)

Los factores de ajuste en la lista anterior se describen a continuación:

- **Tasa de flujo de saturación base**

La tasa de flujo de saturación representa la tasa de flujo máxima para una vía de circulación, medida en la línea de parada durante la indicación verde. La tasa de flujo de saturación base representa la tasa de flujo de saturación para un carril de tráfico que es 12 ft de ancho y no tiene vehículos pesados, una pendiente plana, no hay estacionamiento, no hay autobuses que paren en la intersección, incluso la utilización del carril, y no hay vehículos de giro. Típicamente una tasa base se selecciona para representar todas las intersecciones señalizadas en la jurisdicción (o área) dentro de la cual se encuentra la intersección estudiada.

La tasa de flujo de saturación base para un área metropolitana con población mayor o igual a 250000 es 1900 veh/h/carril de otra manera 1750veh/h/carril

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por ancho de carril**

El factor de ajuste de ancho de carril f_w tiene en cuenta el impacto negativo de los carriles angostos en la tasa de flujo de saturación y permite un incremento en la tasa de flujo en los carriles anchos. Los valores de este factor se enumeran en la tabla 7.

Tabla N° 5:Factor de ajuste de ancho de carril

Promedio de ancho de carril (ft)	Factor de ajuste f_w
<10.0 ^a	0.96
≥10.0–12.9	1.00
>12.9	1.04

Nota: Factores aplicados para anchos de carril promedio de 8.0 ft o más

Referencia: (Transportation Research Board, 2010)



- **Factor de ajuste por vehículos pesados**

El porcentaje de vehículos pesados representa el conteo de vehículos pesados que llegan durante el período de análisis dividido por el conteo total de vehículos para el mismo período. Este porcentaje se proporciona para cada movimiento de tráfico de intersección; sin embargo, un valor representativo para todos los movimientos puede ser utilizados para un análisis de planificación.

El factor de ajuste del vehículo pesado f_{HV} representa el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y la diferencia en sus capacidades operativas, en comparación con los automóviles de pasajeros. Los valores de este factor se calculan con la siguiente ecuación.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

Dónde:

P_{HV} = porcentaje de vehículos pesados en el grupo de movimiento correspondiente (%), y

E_T = número equivalente de autos de paso para cada vehículo pesado = 2.0

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por pendiente**

El factor de ajuste de grado f_g tiene en cuenta los efectos de la pendiente del acceso en el rendimiento del vehículo. Los valores de este factor se calculan con la siguiente ecuación.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$$

Donde P_g es el grado de aproximación para el grupo de movimiento correspondiente (%). Este factor se aplica a las inclinaciones que van desde -6.0% a $+10.0\%$. Una pendiente cuesta arriba tiene un valor positivo y una pendiente cuesta abajo tiene un valor negativo.

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por estacionamiento**

El factor de ajuste de estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto de fricción de un carril de estacionamiento en el flujo en el grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. También tiene en cuenta el bloqueo ocasional de un carril adyacente por parte de vehículos que entran y salen de los espacios de estacionamiento. Si no hay estacionamiento, este factor tiene



un valor de 1.00. Si hay estacionamiento, el valor de este factor se calcula con la siguiente ecuación.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Dónde:

N_m = tasa de maniobra de estacionamiento adyacente al grupo de carril (maniobras/h), y

N = número de carriles en el grupo de carriles (ln).

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacentes al grupo de carriles y dentro de 250 pies en dirección arriba de la línea de parada. Se debe mantener un límite superior práctico de 180 maniobras/h con la anterior ecuación. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es 0.050. Se supone que cada maniobra (ya sea dentro o fuera) bloquea el tráfico en el carril al lado de la maniobra de estacionamiento durante un promedio de 18 s.

El factor se aplica solo al grupo de carril adyacente al estacionamiento. En una calle de sentido único con un grupo de carril de un solo carril, el número de maniobras utilizadas es el total para ambos lados del grupo de carril. En una calle de un solo sentido con dos o más grupos de carriles, el factor se calcula por separado para cada grupo de carriles y se basa en el número de maniobras adyacentes al grupo. Las condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente al de una situación de no estacionamiento.

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por bloqueo de buses locales**

El factor de ajuste de bloqueo del autobús fbb explica el impacto de los autobuses de tránsito local que se detienen para descargar o recoger pasajeros en una parada de autobús cercana o lejana dentro de los 250 pies de la línea de parada (ascendente o descendente). Los valores de este factor se calculan con la siguiente ecuación.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \geq 0.050$$



Donde N es el número de carriles en el grupo de carril (ln) y N_b es la tasa de parada de autobús en la aproximación del sujeto (buses/h).

Este factor se debe usar solo cuando la parada de los autobuses bloquee el flujo de tráfico en el grupo de líneas en cuestión. Se debe mantener un límite superior práctico de 250 buses/h con la anterior ecuación. Un valor mínimo de f_{bb} de esta ecuación es 0.050. El factor utilizado aquí supone un tiempo de bloqueo promedio de 14.4 s durante una indicación verde.

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por el tipo de área**

La entrada de tipo de área se usa para indicar si la intersección se encuentra en un entorno de tipo de distrito de negocios central (CBD). Se considera que una intersección se encuentra en un CBD, o en un tipo de área similar, cuando sus características incluyen derechos de vía estrechos, frecuentes maniobras de estacionamiento, bloqueos de vehículos, actividad de taxis y autobuses, giros de radio pequeño, uso limitado de carriles exclusivos de giro, alta actividad peatonal, población densa y recortes en la mitad de la calle. El avance promedio de saturación en las intersecciones en áreas con estas características es significativamente más largo que el que se encuentra en las intersecciones en áreas que están menos restringidas y menos visualmente intensas.

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por la utilización del carril**

El factor de ajuste de la utilización del carril explica la distribución desigual del tráfico entre los carriles en aquellos grupos de movimiento con más de un carril exclusivo. Este factor proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación de la base para tener en cuenta el uso desigual de los carriles. No se usa a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_{LU} = \frac{V_g}{N_e V_{g1}}$$

Dónde:

f_{LU} = factor de ajuste por la utilización del carril,

V_g = tasa de flujo de la demanda para el grupo de movimiento (veh/h),

V_{g1} = tasa de flujo de demanda en el carril exclusivo con la tasa de flujo más alto



todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento (veh/h/ln), y

N_e = número de carriles exclusivos en el grupo de movimiento (ln).

Las tasas de flujo de carril medidas en el campo se pueden usar con la anterior ecuación para establecer valores locales predeterminados del factor de ajuste por utilización de carril.

Se utiliza un factor de utilización de carril de 1.0 cuando se puede asumir una distribución uniforme del tráfico en todos los carriles exclusivos del grupo de movimiento o cuando un grupo de movimiento tiene solo un carril. Los valores inferiores a 1.0 se aplican cuando el tráfico no se distribuye de manera uniforme. A medida que la demanda se acerca a la capacidad, el factor de utilización del carril suele estar más cerca de 1.0 porque los conductores tienen menos oportunidades de seleccionar su carril.

El factor de ajuste de la utilización del carril de entrada se usa para estimar la tasa de flujo de saturación para un grupo de carril con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o un carril exclusivo, este factor es 1.0.

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por giro a la izquierda**

El factor de ajuste por giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente a reflejar el efecto de la geometría de la trayectoria de giro a la izquierda en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor de ajuste se calcula con la siguiente ecuación.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

donde E_L es el número equivalente de autos de paso para un vehículo protegido que gira a la izquierda (= 1.05).

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste por giro a la derecha**

El factor de ajuste de giro a la derecha f_{RT} está destinado principalmente a reflejar el efecto de la geometría de la trayectoria de giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor de ajuste se calcula con la siguiente ecuación.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$



Dónde: E_R es el número equivalente de autos de paso para un vehículo protegido con giro a la derecha protegido (= 1.18).

(Transportation Research Board, 2010)

- **Factor de ajuste peatonal y factor de ajuste para bicicletas**

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de peatones y bicicletas a la izquierda f_{Lpb} y el factor de ajuste de peatones y bicicletas a la derecha f_{Rpb} se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, que explica el conflicto entre vehículos en giro, peatones y bicicletas. La ocupación relevante de la zona de conflicto toma en cuenta si el flujo del vehículo opuesto también está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda. La proporción de tiempo verde en que se ocupa la zona de conflicto se determina en función de la ocupación relevante y el número de carriles de recepción para los vehículos que giran.

(Transportation Research Board, 2010)

Paso 5: Determine la proporción que llega durante el verde

La demora de control y el tamaño de la cola en una intersección señalizada dependen en gran medida de la proporción de vehículos que llegan durante las indicaciones de señal verde y roja. La demora y el tamaño de la cola son más pequeños cuando una proporción mayor de vehículos llega durante la indicación verde. La ecuación siguiente se usa para calcular esta proporción para cada grupo de carril.

$$P = R_p \frac{g}{C}$$

Todas las variables son las definidas previamente. Esta ecuación requiere el conocimiento del tiempo verde efectivo g y la duración del ciclo C . Estos valores son conocidos para operaciones de tiempos preestablecidos.

(Transportation Research Board, 2010)

Paso 6: Determinar la duración de la fase de la señal

La duración de una fase de señal depende del tipo de control utilizado en la intersección estudiada. Si la intersección tiene un control de tiempo preestablecido, entonces la duración de la fase es dato de entrada y este paso se omite.



Es útil en este punto definir los diversos términos que definen la duración de la fase. Algunos términos son específicos para la operación accionada; sin embargo, la mayoría de las construcciones son igualmente aplicables a la operación preestablecida.

La duración de una fase actuada se compone de cinco períodos de tiempo. El primer período representa el tiempo perdido mientras la cola reacciona a la indicación de señal cambiando a verde. El segundo intervalo representa el tiempo requerido para borrar la cola de vehículos. El tercer período representa el tiempo en que la indicación verde se extiende por vehículos que llegan al azar. Este termina cuando hay una brecha en el tráfico (es decir, deja una brecha) o el verde se extiende hasta el límite máximo (es decir, máximo). El cuarto período representa el intervalo de cambio amarillo, y el quinto período representa el intervalo de despeje rojo. La duración de una fase activada se define en la siguiente ecuación.

$$D_p = l_1 + g_s + g_e + Y + R_c$$

Donde:

D_p = duración (s) de la fase,

l_1 = tiempo perdido de arranque = 2,0 (s),

g_s = tiempo de servicio de cola (s),

g_e = tiempo de extensión verde (s),

Y = intervalo de cambio amarillo (s), y

R_c = intervalo despeje rojo. (s).

El tiempo verde efectivo para la fase se calcula con la siguiente ecuación:

$$g = D_p - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e$$

Dónde:

l_2 = tiempo perdido en el despeje = $Y + R_c - e$ (s),

e = extensión de verde efectivo = 2.0 (s), y

Todas las demás variables son como se definió previamente.

(Transportation Research Board, 2010)



Paso 7: Determinar la capacidad y la relación volumen-capacidad

La capacidad de un grupo de carril dado que sirve para un movimiento de tráfico, y para el cual no hay movimientos permitidos de giro a la izquierda, se define mediante la siguiente ecuación.

$$c = NS \frac{g}{C}$$

Donde c es la capacidad (veh/h) y otras variables son las definidas anteriormente. Esta ecuación no se puede utilizar para calcular la capacidad de un grupo de carril compartido o un grupo de carril con operación de giro a la izquierda permitida porque estos grupos de carril tienen otros factores que afectan su capacidad.

La relación de volumen-capacidad para un grupo de carril se define como la relación del volumen de grupo de carril y su capacidad. Se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$X = \frac{v}{c}$$

Dónde

X = relación de volumen-capacidad,

v = tasa de flujo de la demanda (veh/h), y

c = capacidad (veh/h).

(Transportation Research Board, 2010)

Paso 8: Determinar la demora

La demora calculada en este paso representa el promedio de demora de control experimentado por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Este incluye cualquier demora en el que incurran estos vehículos que aún están en la cola después de que finalice el período de análisis. La demora de control para un grupo de carriles dado se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Dónde

d = demora de control (s/veh),

d_1 = demora uniforme (s/veh),

d_2 = demora incremental (s/veh), y



d_3 = demora inicial en la cola (s/veh).

(Transportation Research Board, 2010)

- **Demora uniforme**

La siguiente ecuación representa una forma de calcular la demora cuando se supone que las llegadas son aleatorias a lo largo del ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período.

$$d_1 = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - (\min(1, X) g/C)}$$

Todas las variables son las definidas previamente. El procedimiento de cálculo de demora utilizado en esta metodología es consistente con la anterior ecuación.

(Transportation Research Board, 2010)

- **Demora incremental**

El término de demora incremental explica la demora debido a la variación aleatoria en el número de llegadas en base a ciclo por ciclo. También explica la demora causada por la demanda que excede la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la cual la demanda excede la capacidad durante el período de análisis se conoce aquí como demanda no satisfecha. La ecuación de demora incremental se derivó mediante el supuesto de que no hay una cola inicial debido a la demanda insatisfecha en el período de análisis anterior. Las siguientes ecuaciones se utilizan para calcular la demora incremental.

$$d_2 = 900 \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8kIX_A}{C_A T}} \right]$$

con:

$$X_A = v/C_A$$

donde X_A es la relación promedio de volumen-capacidad y otras variables son definidas anteriormente. El término de demora incremental es válido para todos los valores de X_A , incluidos los grupos de carriles altamente sobresaturados.

(Transportation Research Board, 2010)



- **Demora inicial en la cola**

Si ningún grupo de carriles tiene una cola inicial, entonces el retraso inicial en la cola d_3 es igual a 0.0 s/veh. Si una cola inicial está presente para cualquier grupo de carril en la intersección, entonces las siguientes ecuaciones se usan para calcular la demora de la cola inicial para cada grupo de carril.

$$d_3 = \frac{3600}{vT} \left[t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2C_A} - \frac{Q_b^2}{2C_A} \right]$$

con:

$$Q_e = Q_b + t_A(v - C_A)$$

Si $v \geq C_A$, entonces:

$$Q_{eo} = T(v - C_A)$$

$$t_A = T$$

Si $v \leq C_A$, entonces:

$$Q_{eo} = 0.0 \text{ veh}$$

$$t_A = Q_b / (C_A - v) \leq T$$

Dónde:

t_A = duración ajustada de la demanda insatisfecha en el período de análisis (h)

Q_e = cola al final del período del periodo de análisis (veh)

Q_{eo} = cola al final del período de análisis cuando $v \geq C_A$ y $Q_b = 0.0$ (veh)

T = Duración del periodo de análisis (h)

Q_b = cola inicial del periodo de analisis (veh)

v = flujo de demanda

Otras variables definidas previamente.

(Transportation Research Board, 2010)



Paso 9. Determinar los niveles de servicio

La tabla 8 se utiliza para determinar los niveles de servicio para cada grupo de carril, cada acceso de la intersección y para la intersección completa. El nivel de servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para los automovilistas en la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales. (Transportation Research Board, 2010)

Tabla N° 6: Criterios de nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Control de demora (s/veh)	Nivel de servicio por proporción de volumen-capacidad	
	≤ 1.0	> 1.0
≤ 10	A	F
> 10–20	B	F
> 20–35	C	F
> 35–55	D	F
> 55–80	E	F
> 80	F	F

Para evaluaciones basadas en accesos y en toda la intersección, los niveles de servicio se definen únicamente con el control de demora.

Referencia: (Transportation Research Board, 2010)

2.2.12 Tránsito futuro

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.

No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño.

Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$Pf = Po(1 + Tc)^n$$



Donde:

Pf: Tránsito final.

Po: Tránsito inicial (año base).

Tc: Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n: Año a estimarse.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones DG, 2018)

2.2.13 Generación de viajes

La generación de viajes es el primer paso de cuatro pasos (generación, distribución, elección del modo y asignación de viajes) en el proceso de planificación de transporte. La generación de viajes estima el número de viajes generados para un uso del suelo dado, en base a datos previos de tráfico generados en la misma categoría de uso de suelo. El número de viajes están generalmente en función del tipo de uso del suelo, así como de su tamaño. El tamaño del uso del suelo se define más comúnmente en términos de una dimensión fácilmente medible, como la del pie cuadrado para un desarrollo comercial, el número de unidades para un desarrollo residencial, el número de estaciones de servicio para una estación de servicio, número de espacios para una plataforma de estacionamiento, etc.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

2.2.13.1 Manual de generación de viajes ITE

Las tasas y características de generación de viajes en los Estados Unidos se recopilan y distribuyen en el Manual de generación de viajes de ITE y sus diversos documentos complementarios. El Manual de generación de viajes se actualiza cada tres o cinco años con nuevos datos según corresponda. Existen diversas implementaciones de software del Manual de generación de viajes disponibles para ayudar a los analistas a obtener estimaciones de generación de viajes e integrarlas en un proceso de planificación.

El Manual de generación de viajes se centra principalmente en el uniforme uso del suelo. En las aplicaciones de modelado de demanda de viajes, cada **zona de análisis de tráfico o TAZ** contiene múltiples categorías de uso del suelo. Estos se agregan para llegar a una estimación general de generación de viajes para cada zona.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)



2.2.13.2 Usos de suelo

El Manual de generación de viajes contiene datos para un total de 172 tipos de uso de suelo, basados en una muestra de más de 5500 sitios en los Estados Unidos. Los tipos de uso del suelo comunes que se incluyen en el manual incluyen:

- Puertos y terminales: 6 usos del suelo, incluidos puertos de agua, aeropuertos, estaciones de tránsito, etc.
- Industrial: 9 usos del suelo, incluyendo industria ligera y pesada en general, fabricación, almacenamiento, etc.
- Residencial: 19 usos del suelo, incluidas casas unifamiliares, varios tipos de apartamentos, viviendas para personas mayores, parques de casas móviles, etc.
- Alojamiento: 5 usos del suelo, incluidos hoteles, moteles, complejos turísticos, etc.
- Recreativo: 35 usos del suelo, incluidos varios parques, instalaciones de fitness, salas de cine, pistas de carreras, etc.
- Institucional: 17 usos del suelo, incluidas escuelas, iglesias, instalaciones militares, museos, bibliotecas, etc.
- Médico: 4 usos del suelo: hospital, hogar de ancianos, clínica y hospital de animales.
- Oficina: 11 usos del suelo, incluidas oficinas generales, oficinas médicas, oficinas gubernamentales, oficinas de correos, etc.
- Venta minorista: 43 usos del suelo, incluidas varias tiendas de suministros, tiendas de conveniencia, supermercados, tiendas de artículos deportivos, tiendas de ropa, tiendas de mascotas, etc.
- Servicios: 24 usos del suelo, incluidos restaurantes, comida rápida, cafeterías, estaciones de servicio, bancos, etc.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

2.2.13.2.1 Definición de los usos de suelo del proyecto Boulevard Qoyllur

En el proyecto Boulevard Qoyllur se utilizarán las categorías de usos de suelo de: Hotel, departamentos (múltiple unidad de vivienda), edificio de oficinas (oficinas comerciales), centro especializado de comercio (zona comercial) y supermercado; las cuales se definen a continuación:



a) Hotel

Esta categoría se define como un establecimiento comercial de uso del suelo que ofrece alojamiento a turistas, empresarios o viajeros por carretera, y también puede tener instalaciones para reuniones formales. A menudo, los restaurantes y tiendas especializadas están disponibles en el sitio para clientes y público en general.

(San Diego Municipal Code, 2003)

b) Departamentos (múltiple unidad de vivienda)

Una unidad de vivienda / apartamento es una unidad de vivienda ubicada dentro de la misma estructura física, y tiene al menos otras cuatro unidades de vivienda en un lote común. Estas unidades, en promedio, tienen un área de piso más pequeña que las viviendas unifamiliares. Pueden tener una entrada exterior individual, como en "casas adosadas", o una entrada común como en "pisos". Los residentes generalmente tienen un tamaño familiar más pequeño, lo que reduce los viajes realizados por unidad. Esta categoría solo se aplica a unidades de alta densidad de más de 20 DU / acre.

(San Diego Municipal Code, 2003)

c) Edificio de oficinas (oficinas comerciales)

Un edificio de oficinas comerciales alberga uno o más inquilinos. En circunstancias inusuales, dos edificios cuyas áreas de piso bruto totalizan en conjunto más de 100,000 pies cuadrados brutos pueden considerarse grandes edificios de oficinas comerciales, sujetos a cumplir con ciertos requisitos. Estos incluyen (pero no se limitan necesariamente a) la copropiedad y / o administración de los dos edificios, y la provisión de los servicios necesarios en uno o ambos edificios (incluyendo una cafetería, duchas, banco o ahorro y préstamo, subestación de correos, o instalaciones de ejercicio), que están disponibles para los inquilinos de ambos edificios.

(San Diego Municipal Code, 2003)

d) Centro especializado de comercio (zona comercial)

Una tienda minorista independiente es un edificio único con estacionamiento separado donde la mercancía se vende al usuario final, generalmente en pequeñas cantidades. Los servicios auxiliares menores que son de propiedad y operación independiente de la tienda principal pueden ser parte de la instalación minorista. Las tiendas minoristas independientes pueden ser de cualquier tamaño, pero generalmente dependen de la mercancía vendida y de la localidad.



En general, a medida que el área bruta del piso se aproxima a 100,000 pies cuadrados, las tiendas pierden su carácter "independiente" y se convierten en parte de un centro comercial. El número de empleados en las tiendas minoristas independientes depende del volumen de ventas y la superficie de terreno y depende del tipo de tienda, el tamaño y el atractivo para el consumidor. Los supermercados, tiendas de conveniencia, tiendas de descuento, tiendas de madera y tiendas de muebles generalmente no se incluyen en esta categoría (ya que se tratan individualmente para la generación de viajes).

(San Diego Municipal Code, 2003)

e) Supermercado

Un supermercado es una tienda independiente de autoservicio que vende alimentos, bebidas y artículos para el hogar.

(San Diego Municipal Code, 2003)

2.2.13.3 Estimación de viajes generados

La generación de viajes es el primer y más importante paso en el pronóstico de viajes, tanto para análisis de planificación a corto como a largo plazo. La generación de viajes estima cuántos viajes se demandan hacia o desde un sitio o zona, lo que depende del uso del suelo en el sitio o zona.

El manual de ITE se aplica al uso individual del suelo, sitios o zonas homogéneas y cubre significativamente más de 100 usos de la tierra, como se describió anteriormente. Cada uso del suelo tiene una compilación de uno a varios cientos de estudios realizados en los Estados Unidos en los últimos 40 años.

El proceso general en el uso del manual ITE comienza con la elección de su uso del suelo, período de análisis y variable independiente con mucho cuidado. El analista debe tener mucho cuidado ya que la mayoría de las páginas tienen porcentajes de entrada y salida listados por separado.

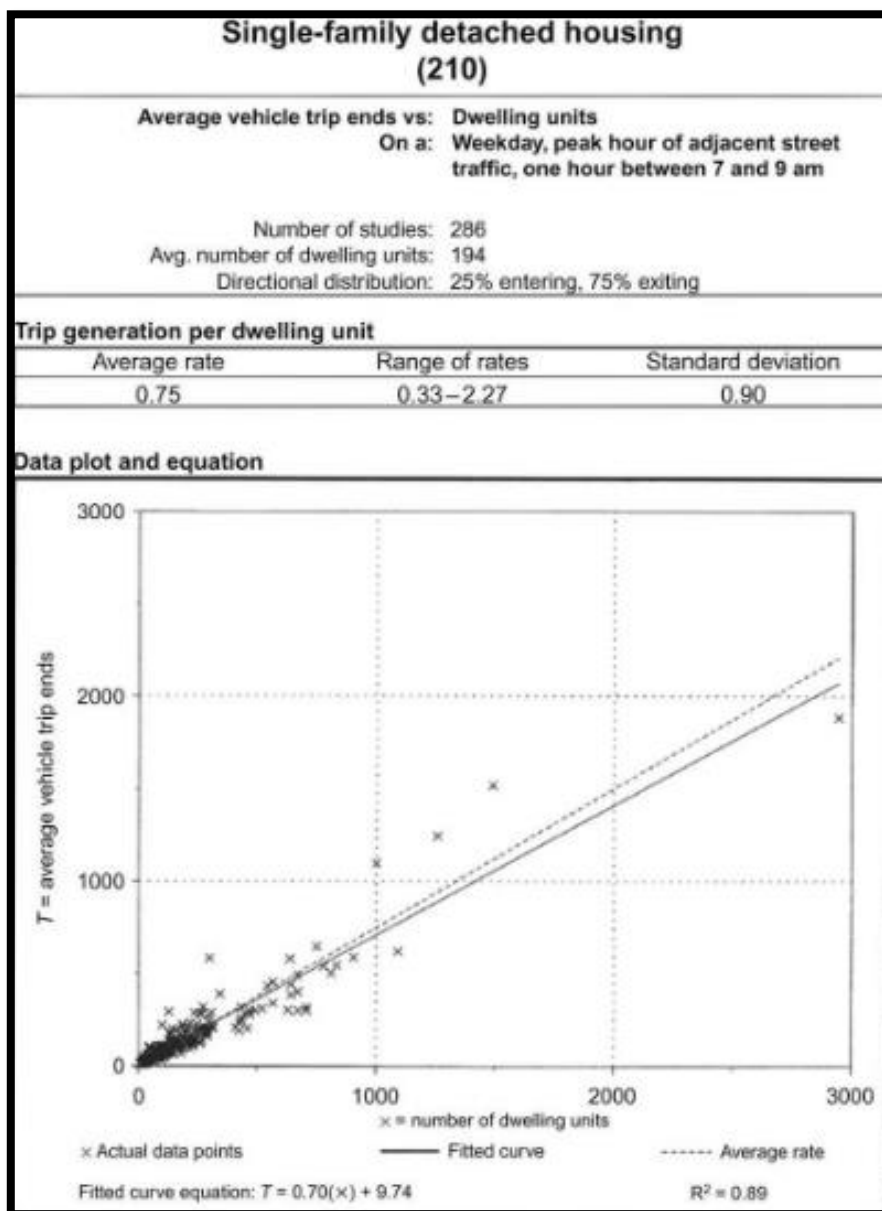
Para cada uso del suelo, el manual de ITE generalmente proporciona una ecuación de regresión (R^2) para estimar el número de viajes en función de una variable independiente (por ejemplo, pies cuadrados de tiendas). El manual además proporciona un promedio de la tasa de viaje generada. Las pautas generales para el uso del manual ITE son las siguientes:



- Use la ecuación primero, si el ajuste estadístico del modelo definido a través de la métrica R2 es mayor que 0.75. Esto sugiere un ajuste estadístico aceptable a los datos utilizados para derivar la ecuación.
- Use la tasa promedio a continuación, si la desviación estándar es menor que 1.1 veces la tasa promedio.
- Asegúrese de que su sitio o zona esté dentro de los límites de calibración en la variable independiente.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

Figura N° 15: Ejemplo de página de datos para un uso de suelo determinado



Referencia: (ITE – Trip Generation Manual, 2012)



2.2.13.4 Tasas de generación de viajes del Instituto de Ingenieros del Transporte (ITE)

Tabla N° 7: Tasas de generación de viajes del ITE

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS COMMON TRIP GENERATION RATES (PM Peak Hour)

(Trip Generation Manual, 9th Edition)

Code	Description	Unit of Measure	Trips Per Unit	Code	Description	Unit of Measure	Trips Per Unit
PORT AND TERMINAL				432	Golf Driving Range	Tees / Driving Positions	1.25
30	Truck Terminal	Acres	6.55	433	Batting Cages	Cages	2.22
90	Park and Ride Lot with Bus Service	Parking Spaces	0.62	435	Multi-Purpose Recreational Facility	Acres	5.77
INDUSTRIAL				437	Bowling Alley	1,000 SF	1.71
110	General Light Industrial	1,000 SF	0.97	441	Live Theater	Seats	0.02
120	General Heavy Industrial	Acres	2.16	443	Movie Theater without Matinee	1,000 SF	6.16
130	Industrial Park	1,000 SF	0.85	444	Movie Theater with Matinee	1,000 SF	3.80
140	Manufacturing	1,000 SF	0.73	445	Multiplex Movie Theater	1,000 SF	4.91
150	Warehousing	1,000 SF	0.32	452	Horse Race Track	Acres	4.30
151	Mini-Warehouse	1,000 SF	0.26	454	Dog Race Track	Attendance Capacity	0.15
152	High-Cube Warehouse	1,000 SF	0.12	460	Arena	Acres	3.33
170	Utilities	1,000 SF	0.76	473	Casino / Video Lottery Establishment	1,000 SF	13.43
RESIDENTIAL				480	Amusement Park	Acres	3.95
210	Single-Family Detached Housing	Dwelling Units	1.00	488	Soccer Complex	Fields	17.70
220	Apartment	Dwelling Units	0.62	490	Tennis Courts	Courts	3.88
221	Low-Rise Apartment	Dwelling Units	0.58	491	Racquet / Tennis Club	Courts	3.35
230	Residential Condominium / Townhouse	Dwelling Units	0.52	492	Health / Fitness Club	1,000 SF	3.53
240	Mobile Home Park	Dwelling Units	0.59	493	Athletic Club	1,000 SF	5.96
251	Senior Adult Housing - Detached	Dwelling Units	0.27	495	Recreational Community Center	1,000 SF	1.45
252	Senior Adult Housing - Attached	Dwelling Units	0.25	INSTITUTIONAL			
253	Congregate Care Facility	Dwelling Units	0.17	520	Elementary School	1,000 SF	1.21
254	Assisted Living	Beds	0.22	522	Middle School / Junior High School	1,000 SF	1.19
255	Continuing Care Retirement Community	Dwelling Units	0.16	530	High School	1,000 SF	0.97
LODGING				536	Private School (K-12)	Students	0.17
310	Hotel	Rooms	0.60	540	Junior / Community College	1,000 SF	2.54
320	Motel	Rooms	0.47	560	Church	1,000 SF	0.55
330	Resort Hotel	Rooms	0.42	565	Daycare Center	1,000 SF	12.46
RECREATIONAL				566	Cemetery	Acres	0.84
411	City Park	Acres	0.19	571	Prison	1,000 SF	2.91
412	County Park	Acres	0.09	580	Museum	1,000 SF	0.18
413	State Park	Acres	0.07	590	Library	1,000 SF	7.30
415	Beach Park	Acres	1.30	591	Lodge / Fraternal Organization	Members	0.03
416	Campground / Recreation Vehicle Park	Camp Sites	0.27	MEDICAL			
417	Regional Park	Acres	0.20	610	Hospital	1,000 SF	0.93
420	Marina	Berths	0.19	620	Nursing Home	1,000 SF	0.74
430	Golf Course	Acres	0.30	630	Clinic	1,000 SF	5.18
431	Miniature Golf Course	Holes	0.33	640	Animal Hospital / Veterinary Clinic	1,000 SF	4.72

Referencia: (ITE – Trip Generation Manual, 2012)



Tabla N° 8: Tasas de generación de viajes del ITE

Code	Description	Unit of Measure	Trips Per Unit	Code	Description	Unit of Measure	Trips Per Unit
OFFICE				876	Apparel Store	1,000 SF	3.83
710	General Office Building	1,000 SF	1.49	879	Arts and Craft Store	1,000 SF	6.21
714	Corporate Headquarters Building	1,000 SF	1.41	880	Pharmacy / Drugstore without Drive-Through Window	1,000 SF	8.4
715	Single Tenant Office Building	1,000 SF	1.74	881	Pharmacy / Drugstore with Drive-Through Window	1,000 SF	9.91
720	Medical-Dental Office Building	1,000 SF	3.57	890	Furniture Store	1,000 SF	0.45
730	Government Office Building	1,000 SF	1.21	896	DVD/Video Rental Store	1,000 SF	13.60
732	United States Post Office	1,000 SF	1.22	SERVICES			
733	Government Office Complex	1,000 SF	2.85	911	Walk-In Bank	1,000 SF	12.13
750	Office Park	1,000 SF	1.48	912	Drive-In Bank	1,000 SF	24.30
760	Research and Development Center	1,000 SF	1.07	918	Hair Salon	1,000 SF	1.93
770	Business Park	1,000 SF	1.29	925	Drinking Place	1,000 SF	11.34
RETAIL				931	Quality Restaurant	1,000 SF	7.49
812	Building Materials and Lumber Store	1,000 SF	4.49	932	High-Turnover (Sit-Down) Restaurant	1,000 SF	11.15
813	Free-Standing Discount Superstore	1,000 SF	4.35	933	Fast Food Restaurant without Drive-Through Window	1,000 SF	26.15
814	Variety Store	1,000 SF	6.82	934	Fast Food Restaurant with Drive-Through Window	1,000 SF	33.84
815	Free Standing Discount Store	1,000 SF	4.98	935	Fast Food Restaurant with Drive-Through Window and No Indoor Seating	1,000 SF	153.85
816	Hardware / Paint Store	1,000 SF	4.84	936	Coffee / Donut Shop without Drive-Through Window	1,000 SF	40.75
817	Nursery (Garden Center)	1,000 SF	6.94	937	Coffee / Donut Shop with Drive-Through Window	1,000 SF	42.8
818	Nursery (Wholesale)	1,000 SF	5.17	938	Coffee / Donut Shop with Drive-Through Window and No Indoor Seating	1,000 SF	75
820	Shopping Center	1,000 SF	3.71	940	Bread / Donut / Bagel Shop with Drive-Through Window	1,000 SF	18.99
823	Factory Outlet Center	1,000 SF	2.29	941	Quick Lubrication Vehicle Shop	Service Bays	5.19
826	Specialty Retail Center	1,000 SF	2.71	942	Automobile Care Center	1,000 SF	3.11
841	New Car Sales	1,000 SF	2.62	943	Automobile Parts and Service Center	1,000 SF	4.46
842	Recreational Vehicle Sales	1,000 SF	2.54	944	Gasoline / Service Station	Fueling Positions	13.87
843	Automobile Parts Sales	1,000 SF	5.98	945	Gasoline / Service Station with Convenience Market	Fueling Positions	13.51
848	Tire Store	1,000 SF	4.15	946	Gasoline / Service Station with Convenience Market and Car Wash	Fueling Positions	13.94
850	Supermarket	1,000 SF	9.48	947	Self Service Car Wash	Stalls	5.54
851	Convenience Market (Open 24 Hours)	1,000 SF	52.41	948	Automated Car Wash	1,000 SF	14.12
852	Convenience Market (Open 15-16 Hours)	1,000 SF	34.57	950	Truck Stop	1,000 SF	13.63
853	Convenience Market with Gasoline Pumps	1,000 SF	50.92				
854	Discount Supermarket	1,000 SF	8.34				
857	Discount Club	1,000 SF	4.18				
860	Wholesale Market	1,000 SF	0.88				
861	Sporting Goods Superstore	1,000 SF	1.84				
862	Home Improvement Superstore	1,000 SF	2.33				
863	Electronics Superstore	1,000 SF	4.50				
864	Toy / Children's Superstore	1,000 SF	4.99				
866	Pet Supply Superstore	1,000 SF	3.38				
867	Office Supply Superstore	1,000 SF	3.40				
875	Department Store	1,000 SF	1.87				

Referencia: (ITE – Trip Generation Manual, 2012)

2.2.13.5 Manual de generación de viajes San diego

Las tasas de generación de viajes presentadas en este manual son el resultado de estudios de generación de viajes realizados por la Ciudad de San Diego, la Asociación de Gobiernos de San Diego (SANDAG), el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE) y otras fuentes calificadas. Donde fue posible, se utilizaron datos locales. Se creó un grupo de trabajo compuesto por personal de la Ciudad de San Diego, SANDAG, y consultores privados para brindar aportes en la formación de este manual.cs

(San Diego Municipal Code, 2003)

2.2.13.5.1 Tabla 1 del manual de generación de viajes de San Diego

Tasa de generación de viajes: Esta tabla incluye tasas o fórmulas para el cálculo de la entrada de vehículos y las tasas acumuladas de generación de viajes. También incluye el porcentaje de viajes para las horas pico de AM y PM. También se proporciona la proporción de viajes que entran y salen de los sitios durante las horas pico. (Ver Anexo C: Tablas 321 a la 324)

(San Diego Municipal Code, 2003)

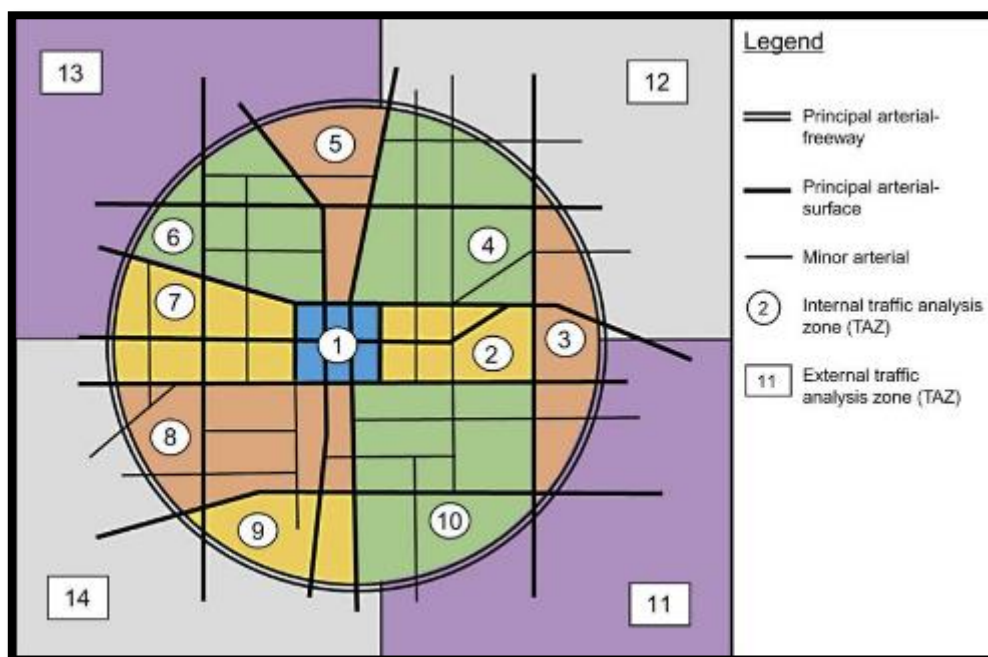
2.2.13.6 Ejemplo de aplicación de red de generación de viajes

Independientemente del uso del método para la generación de viajes, o del nivel de detalle utilizado en el proceso de estimación, el paso de generación de viajes da como resultado una lista de viajes estimados para entrar y salir de un uso de suelo o TAZ determinado dentro del período de análisis.

La Figura 20, presenta una red de planificación hipotética con una serie de TAZ y varios enlaces, que se utilizarán en toda esta sección para ilustrar la aplicación del proceso de cuatro pasos.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

Figura N° 16: Ejemplo de una red de planificación: Paso de generación de viajes.



Referencia: (Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

Los resultados de la muestra del paso de generación de viaje se muestran en la Tabla 11. Para cada zona, la tabla muestra el total de viajes producidos y el porcentaje de viajes que salen. Estas dos columnas se utilizan para calcular los viajes de entrada y de salida estimados, que se utilizarán como atracciones y producciones en el paso de distribución del viaje, respectivamente.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)



Tabla N° 9: Ejemplo de resultado de muestra del paso de generación de viajes

Zone number	Type	Total trips	Percent exiting	Entering trips	Exiting trips
1	Internal	1000	75	250	750
2	Internal	750	60	300	450
3	Internal	300	50	150	150
4	Internal	1400	40	840	560
5	Internal	600	40	360	240
6	Internal	900	45	495	405
7	Internal	1100	60	440	660
8	Internal	850	55	382	468
9	Internal	500	30	350	150
10	Internal	950	45	522	428
11	External	1200	30	840	360
12	External	1800	20	1440	360
13	External	3000	15	2550	450
14	External	1600	25	1200	400

Referencia (Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

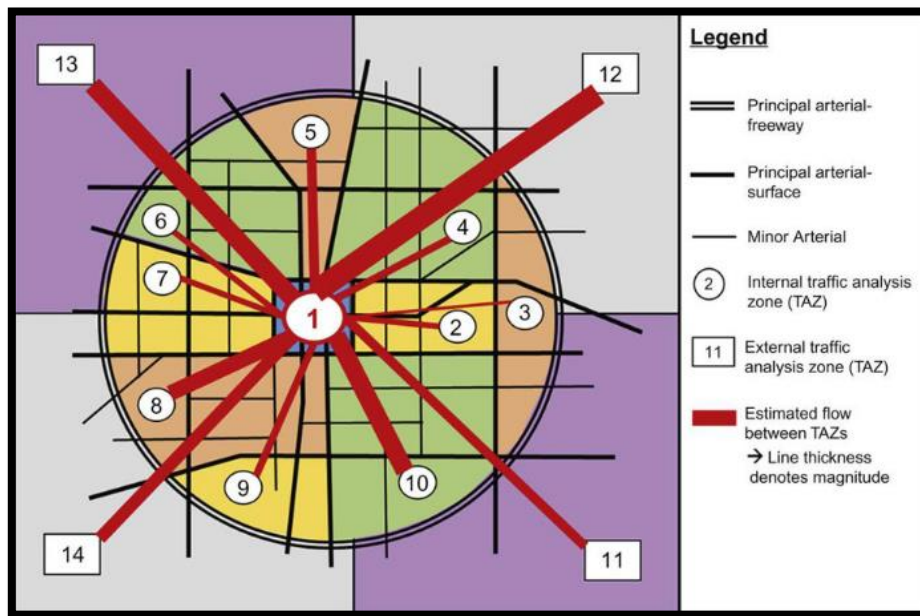
2.2.14 Distribución de viajes

La distribución de viajes es el segundo paso en el proceso de previsión de viajes. Este paso determina a dónde van y vienen los viajes generados. La generación de viajes determina el número total de viajes generados desde cada sitio (entrando y saliendo), y agrega esos viajes al nivel de una zona de análisis de tráfico según corresponda. Dicho de otra manera, la distribución de viajes establece las líneas de deseo entre esas zonas y conecta los viajes desde cualquier zona a todas las demás zonas.

El producto final del paso de distribución del viaje es lo que se conoce como matriz de origen-destino, o matriz O / D. La matriz O / D es una tabla u hoja de cálculo grande que enumera todos los orígenes como filas y todos los destinos como columnas. Las entradas de la tabla se refieren al número de viajes estimados entre cada par zonal. Es importante enfatizar que la distribución del viaje no asigna la forma en que se espera que el tráfico llegue de una zona a otra (es decir, qué caminos eligen las personas de A a B), sino que estima el flujo total esperado entre A y B, independiente de la ruta de viaje.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

Figura N° 17: Ejemplo de una red de planificación: Paso distribución de viajes



Referencia: (Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

2.2.14.1 Modelo gravitacional

El modelo gravitacional es una metodología analítica para estimar las producciones y atracciones entre cada par zonal en el paso de distribución del viaje.

Específicamente, el modelo gravitacional estima el número de viajes entre cada zona de origen, i , y cada zona de destino, j , en función de las siguientes características:

- El número de viajes producidos en cada zona, O_i
- El número de viajes atraídos a cada zona, D_j
- Un factor de fricción para cada par zonal ij que es una función del tiempo de viaje entre esas zonas, F_{ij}
- Un factor socioeconómico para cada par zonal ij que puede usarse para calibrar el deseo de los viajeros de viajar entre esas zonas, K_{ij}

La forma general del modelo de gravedad se muestra en la siguiente ecuación:

$$V_{ij} = (O_i) \frac{D_j \times F_{ij} \times K_{ij}}{\sum_1^j (D_j \times F_{ij} \times K_{ij})}$$

Donde:

V_{ij} = viajes de la zona i a la zona j

O_i = viajes producidos



D_j = viajes atraídos

F_{ij} = factor de fricción (típicamente el inverso del tiempo de viaje)

K_{ij} = factor socioeconómico

El modelo gravitacional debe aplicarse de forma iterativa tanto para las atracciones totales como para las producciones de cada zona para que coincida con los datos ingresados. En la primera iteración, las producciones para cada zona serán equilibradas, pero las atracciones diferirán de los datos de generación de viajes ingresados. En iteraciones repetidas, los resultados de una iteración se alimentan como entrada a la siguiente iteración, hasta que se obtenga una coincidencia deseable.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

F_{ij} es una función de separación espacial y K_{ij} es un factor de ajuste que permite incorporar el efecto de variables o características no consideradas. Normalmente, se utiliza para unas pocas zonas que tengan alguna característica especial distinta del promedio (Ejemplo zonas con tasas más rápidas de crecimiento de la población, o zonas con mucho mayor tasa de motorización).

(Ortúzar S., 2000)

Tabla N° 10: Ejemplo de muestra del resultado del paso de distribución de viajes

Zone 1	D_j	T_{ij}	F_{ij}	K_{ij}	$D X F X K$	$\frac{D X F X K}{\sum (D X F X K)}$	V_{ij}
1	—	—	—	—	—	—	—
2	450	5	0.200	1	90	0.072	109
3	150	10	0.100	1	15	0.012	18
4	560	8	0.125	1	70	0.056	84
5	240	6	0.167	2	80	0.064	97
6	405	7	0.143	1	58	0.047	70
7	660	8	0.125	1	83	0.066	100
8	715	5	0.200	2	286	0.230	345
9	240	10	0.100	2	48	0.039	58
10	405	7	0.143	2	116	0.093	140
11	360	18	0.056	3	60	0.048	72
12	360	10	0.100	3	108	0.087	130
13	450	12	0.083	4	150	0.121	181
14	400	15	0.067	3	80	0.064	97
Σ	—	—	—	—	1243	1.000	1500

Referencia: (Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

2.2.14.2 Matriz de origen – destino o tabla de viajes

El modelo de generación de viajes produce las sumas totales de filas y columnas O_i y D_j de una matriz de viajes como se muestra en la Tabla 13 Se cumple entonces que:



$$\left. \begin{aligned} \sum_j V_{ij} &= O_i \\ \sum_i V_{ij} &= D_j \end{aligned} \right\}$$

Así el modelo de distribución de viajes busca encontrar como se distribuyen los O_i y D_j en V_{ij} , vale decir las celdas de la matriz interior.

En lo que resta de esta sección, trabajaremos con sistemas cerrados, esto es, supondremos que el total de viajes producidos es igual al total de viajes atraídos.

$$\sum_i O_i = \sum_j D_j$$

En la práctica esto suele no suceder, por lo que normalmente se requieren ajustes (Ortúzar S., 2000)

Tabla N° 11: Matriz de origen – destino o tabla de viajes

Matriz de distribución							
Atracciones	1	2	...	j	...	n	$\sum_j V_{ij}$
Producciones							
1	V_{11}	V_{12}	...	V_{1j}	...	V_{1n}	O_1
2	V_{21}	V_{22}	...	V_{2j}	...	V_{2n}	O_2
...
...
i	V_{i1}	V_{i2}	...	V_{ij}	...	V_{in}	O_i
...
...
n	V_{n1}	V_{n2}	...	V_{nj}	...	V_{nn}	O_n
$\sum_i V_{ij}$	D_1	D_2	...	D_j	...	D_n	$\sum_i V_{ij} = D_j$

Referencia: (Ortúzar S., 2000)

2.2.14.2.1 Calibración de la matriz origen – destino

A continuación, veremos cómo satisface esta versión del modelo las restricciones de orígenes y destinos ($\sum_j V_{ij} = O_i$ y $\sum_i V_{ij} = D_j$)



Cumplimiento de la primera restricción

El modelo de gravedad satisface automáticamente esta condición, ya que:

$$\sum_j V_{ij} = O_i$$

Cumplimiento de la segunda restricción

Para satisfacer esta restricción, requiere el siguiente proceso iterativo:

1.- Suponga una forma (por ejemplo, de casos anteriores) para F_{ij} y haga $D_j^{(1)}$ igual a D_j , en que D_j son las atracciones de viajes deseadas.

2.- Calcule:

$$V_{ij}^{(1)} = \frac{O_i D_j^{(1)} F_{ij}}{\sum_j D_j^{(1)} F_{ij}}$$

3.-Sume las columnas de la matriz, calculando:

$$S_j^{(1)} = \sum_i V_{ij}^{(1)}$$

4.-Compare $S_j^{(1)}$ con las atracciones de viajes de la iteración anterior, esto es, $D_j^{(1)}$. Si son distintas (como es de esperar), se debe reemplazar $D_j^{(1)}$ por el valor:

$$D_j^{(2)} = \left\{ \frac{D_j}{S_j^{(1)}} \right\} D_j^{(1)}$$

5.-Vuelva al paso 2, calculando $V_{ij}^{(2)}$ con $D_j^{(2)}$ y repita el proceso hasta que este converja, esto es, $(S_j^{(n)}=S_j^{(n-1)})$

(Ortúzar S., 2000)

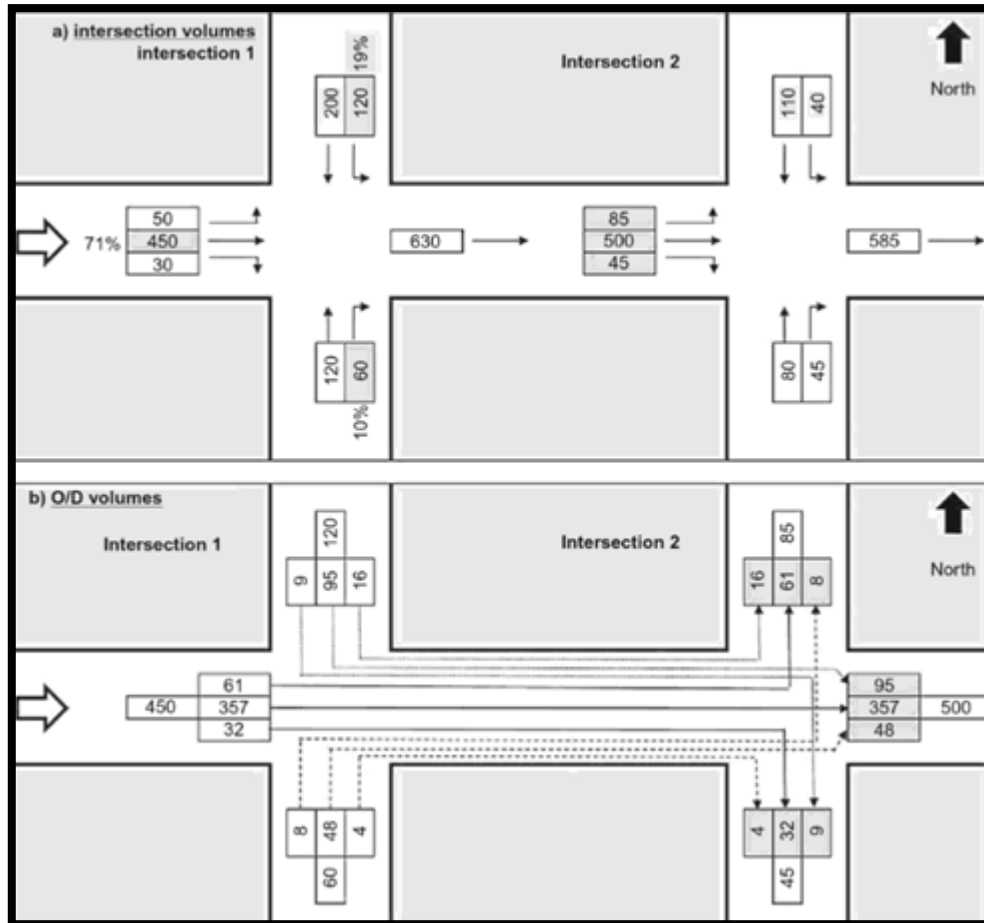
2.2.14.3 Uso de datos

Para redes pequeñas, la matriz O / D también se puede sintetizar a partir de conteos de movimiento de giro de intersección existentes (% izquierda, % a través, % derecha) asumiendo la proporcionalidad. Para un estudio de corredor, este proceso puede comenzar en una intersección aguas abajo. Si suponemos un corredor de este a oeste, se puede suponer que los porcentajes de giro en el enfoque hacia el este en la intersección más oriental se alimentan proporcionalmente a todos los orígenes del viaje en la próxima intersección aguas arriba (en

este caso hacia el este, hacia el norte a la derecha y hacia el sur a la izquierda) la figura 22 ilustra este concepto para una calle de sentido único en dirección este.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

Figura N° 18: Síntesis para un corredor en estudio



Referencia: (Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

2.2.15 Elección del modo

La elección del modo es el tercer paso en el proceso tradicional de previsión de viajes y demanda. Este paso tiene como objetivo determinar la distribución del tráfico a través de diferentes modos de transporte. En su forma más básica, el paso de elección de modo predice una tasa de desvío o porcentaje a otros modos, lo que resulta en una reducción en los viajes automáticos netos.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

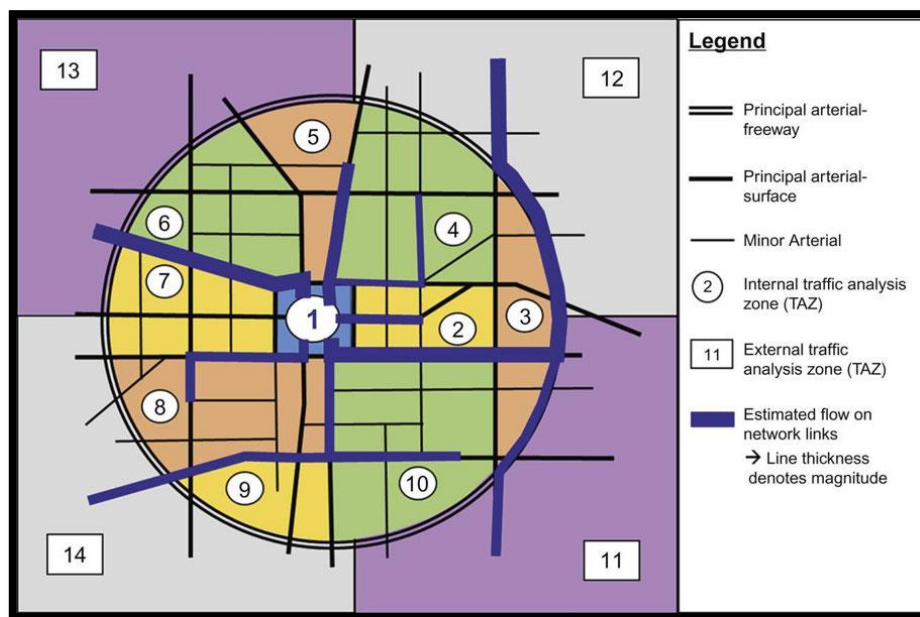
2.2.16 Asignación de viajes

La asignación de viajes, el paso final en el proceso de pronóstico de demanda de viaje de cuatro pasos, estima las rutas específicas en la red que toman los viajeros para llegar de una zona a otra. Este paso utiliza los viajes totales en la matriz de origen-destino (O / D) del paso de distribución de viajes, que puede haberse dividido entre modos, y los asigna a rutas físicas.

En una aplicación de modelo de demanda de viaje, la entrada al paso de asignación de viajes es una tabla de viaje (esencialmente la matriz O / D). Cada par zonal podría tener tan solo una ruta asignada, o podría tener varias rutas alternativas, cada una con una fracción del total de viajes.

(Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

Figura N° 19: Ejemplo de red del paso de asignación de tráfico



Referencia: (Findley, Schroeder, Cunningham, & Brown, 2015)

2.2.17 Impacto vial

Según (Sotelo Montes, 2010), “Se entiende por impacto vial a cualquier cambio neto, positivo o negativo, que se provoque sobre el tránsito y transporte como consecuencia, directa o indirecta, de modificaciones viales específicas y/o localización de actividades de acuerdo a una ley.”

2.2.17.1 Estudios de impacto vial

Según la (Ordenanza N°2087 - MML, 2018), “Es el conjunto de actividades que permiten evaluar cualitativa y cuantitativamente los efectos que produce sobre el entorno vial y del transporte, el desarrollo urbanístico o el proceso de renovación de zonas o lotes de terreno.”

Los efectos que se producen sobre el entorno vial y del transporte pueden ser Impactos Viales Negativos que según la ordenanza antes citada “Es la modificación o alteración del sistema de tránsito y transporte cuyo efecto se traduce en pérdida de nivel de servicio o en aumento de los perjuicios derivados de su operación.”

2.2.17.2 Área de influencia

El área de influencia deberá comprender el área de influencia directa e indirecta a ser estudiada, la cual dependerá de la ubicación y del tamaño del desarrollo del proyecto.

El área de influencia directa, será aquella donde se manifiestan los impactos directos, generados por la ejecución del proyecto, mientras que el área de influencia indirecta, será aquella donde podrían ocurrir dichos impactos.

(Ordenanza N°2087 - MML, 2018)

En la figura 25 Se observa el área de Influencia Directa, que es el área en donde el proyecto podría impactar directamente a los componentes viales de este sistema. La línea de color negro delimita dicha área, mientras que la línea de color amarillo delimita el área de Influencia Indirecta.

Figura N° 20: Delimitación del área de influencia directa e indirecta



Referencia (Google Earth)



2.2.17.3 Horizontes de tiempo: Año de análisis.

En general, los años de análisis deben incluir:

- El año existente
- La fecha de apertura del desarrollo propuesto.
- Finalización de las fases principales en un desarrollo de varios años.

(The Florida Department of Transportation, 2014)

Tabla N° 12: Horizontes de estudio sugerido

Planes integrales del gobierno local	Se requieren análisis existentes a corto plazo (5 años) y a largo plazo (mínimo 10 años o más) para los elementos integrales del plan.
Desarrollos de Impacto Regional (DRI)	El año en que comienza la primera fase de desarrollo, el año de apertura anticipado de cada fase principal del desarrollo (asumiendo la construcción y la ocupación completa de cada fase) y el año final de construcción (o año de desarrollo completo asumiendo la ocupación completa) ser considerado para todos los análisis de tipo DRI.
Estudios concurrentes	Típicamente estos desarrollos ocurren en una sola fase. Por lo tanto, el año de apertura anticipado del desarrollo asumiendo la construcción y la ocupación total es el único año de horizonte requerido. Los requisitos del gobierno local deben ser revisados.

Referencia : (The Florida Department of Transportation, 2014)



Tabla N° 13: Horizontes de estudio sugeridos según la generación de viajes

CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO	HORIZONTES SUGERIDOS
Desarrollos Pequeños (≤ 500 Viajes Hora Pico)	<ul style="list-style-type: none">• Antes de la fecha de inauguración, asumiendo que toda la construcción ha sido terminada y que el desarrollo está completamente ocupado
Desarrollos Medianos (500 – 1000 Viajes Hora Pico)	<ul style="list-style-type: none">• Antes de la fecha de inauguración. Asumiendo que toda la construcción ha sido terminada y que el desarrollo está completamente ocupado.• 5 Años después de inauguración.
Desarrollo Grandes (> 1000 Viajes Hora Pico)	<ul style="list-style-type: none">• Antes de la fecha de inauguración asumiendo que toda la construcción ha sido terminada en cada fase.• 5 Años después de que toda la construcción sea terminada.
Desarrollos Por Fases	<ul style="list-style-type: none">• Antes de la fecha de inauguración, asumiendo que toda la construcción ha sido terminada y que el desarrollo está completamente ocupado.• Antes de la fecha de inauguración, asumiendo que toda la construcción ha sido terminada en su totalidad.• 5 Años después de que toda la construcción sea terminada. A menos que haya un incremento en más del 15% de generación de viajes en el estudio inicial.

Referencia: (ITE – Trip Generation Manual, 2012)



2.3 Hipótesis:

2.3.1 Hipótesis General:

El impacto vial generado al sistema vial que rodea el Colegio La Salle por la construcción del Centro comercial Boulevard Qoyllur en el distrito de Wánchaq - Cusco es significativo y tiene consecuencias en la circulación vehicular.

2.3.2 Sub Hipótesis:

Hipótesis específica N°1: Los tiempos de demora sin proyecto que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle son menores en comparación a los tiempos de demora con proyecto.

Hipótesis específica N°2: Los grados de saturación sin proyecto de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle son menores en comparación a los grados de saturación con proyecto.

Hipótesis específica N°3: La demanda de viajes generado al sistema vial que rodea el colegio La Salle depende del área total del centro comercial Boulevard Qoyllur del distrito de Wanchaq – Cusco.

Hipótesis específica N°4: La demanda vehicular futura con proyecto de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial que rodea el colegio La Salle aumenta significativamente y en la misma proporción para todas las intersecciones con respecto a la demanda vehicular sin proyecto.

2.4 Definición de Variables

2.4.1 Variables Independientes

- Tiempos de demora.
- Grado de saturación.
- Demanda de viajes.
- Demanda vehicular.

Indicadores de Variables Independientes

- Relación tiempo/vehículo (seg/veh.).
- Relación volumen/capacidad (v/c).
- Porcentaje de entrada y salida (%).



- Flujo vehicular (veh/h.).

2.4.2 Variables Dependientes

- Impacto vial.

Indicadores de Variables Dependientes.

- Variación de los niveles de servicio.

2.4.3 Cuadro de operacionalización de variable

Tabla N° 14: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y ₁ : Impacto Vial	Medida cualitativa que describe el cambio que se produce en el tránsito.	-Variación de los niveles de Servicio	-Niveles A,B,C,D,E, F	-Metodología HCM (intersecciones) -Synchro 8.0 -Hojas de Cálculo, manuales de Ingeniería del transporte
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X ₁ : Tiempos de demoras	-Medida de rendimiento para caracterizar el nivel de servicio.	-Relación tiempo/vehículo	-Segundos -Vehículo	-Metodología HCM -Synchro 8.0 -Hojas de Calculo
X ₂ : Grado de Saturación	-Porcentaje de la Capacidad utilizada por la demanda existente.	-Relación Volumen/Capacidad	-Veh/h -Veh/h	-Metodología HCM -Synchro 8.0 -Hojas de Calculo
X ₃ : Demanda de viajes	-Número de viajes generado.	-Viajes de entrada -Viajes de salida	-Cantidad -Cantidad	-Fichas de campo -Manuales de Generación de viajes
X ₄ : Demanda Vehicular	-Cantidad de vehículos por hora.	-Volumen horario diario de vehículos.	-Veh/h	-Aforos de Campo -Fichas de Campo

Referencia: (Elaboración propia)