



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC

TESIS

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TTIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACIÓN AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACIÓN CON UNA INTERSECCIÓN A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACIÓN .

Presentado por los bachilleres

Bonett Peña, Palmira

Yatto Grados, Eiko Hiromi

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Ingeniero Robert Milton Merino Yépez

CUSCO – PERÚ

2017



DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres Rolando y Nidia por ser los pilares en mi vida y a mi abuelita Lucrecia por brindarme su apoyo incondicional.

Palmira Bonett Peña

Dedico el trabajo realizado a mis padres Maritza y John Yatto, ya que ellos me dieron el apoyo incondicional que necesite para realizar este objetivo en mi vida profesional.

Eiko Hiromi Yatto Grados



AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por haberme dado sabiduría y fortaleza para cumplir esta meta. Al Ing. Milton R. Merino Yépez, por aceptar la dirección de ésta tesis, y a las personas que con su apoyo hicieron posible concluir ésta investigación.

Palmira Bonett Peña

Agradezco a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura que estuvieron allí en la formación de mi vida profesional, así mismo agradecer especialmente Al Ing. Milton R. Merino Yépez por aceptar la tutoría de la tesis de investigación.

Y a todos mis amigos y personas que hicieron posible la conclusión de esta investigación.

Eiko Hiromi Yatto Grados



RESUMEN

La presente tesis de investigación tuvo como objetivo principal hacer un análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura – Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco en comparación a una intersección a desnivel sometida a la misma demanda de flujo vehicular.

Para la determinación de las condiciones de tráfico se realizó el correspondiente aforo vehicular y peatonal en dichas intersecciones, considerado las horas de mayor demanda. Así mismo para la determinación de condiciones geométricas de las intersecciones se realizó el levantamiento topográfico. Finalmente, para la determinación de condiciones sanforizadas se realizó un inventario detallado del comportamiento de los semáforos y señalización en cada intersección.

Con los datos obtenidos se procedió al cálculo de la capacidad vial y nivel de servicio basado en el Highway Capacity Manual (HCM 2010) el cual está incorporado en el software de simulación Synchro 8.0, dicho software nos permitió realizar la simulación de dichas intersecciones en su estado actual.

Se procedió a realizar la proyección de volumen tráfico futuro a 5,10,15,20 años en las intersecciones estudias. Con dichos volúmenes, se realizó el procedimiento anteriormente mencionado para el cálculo de la capacidad vial y nivel de servicio con su respectiva simulación para cada escenario.

Con los resultados obtenidos se determinó en que año se debería implementar el pase a desnivel. De igual forma con dichos volúmenes se procedió a la simulación del tránsito con ayuda del software VISSIM para determinar la capacidad vial y nivel de servicio en dicho año.

En conclusión, con la implementación adecuada de un pase a desnivel en cada intersección, da como resultado una mayor capacidad vial y un mejor nivel de servicio para las vías.



ABSTRACT

The present thesis of investigation had as main objective to make an analysis of the road capacity and level of service of the intersections signalized: Av. 28 de Julio - 3rd Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura - Andean University of Cusco in comparison to an intersection with unevenness subjected to the same demand of vehicular flow.

For the determination of the traffic conditions, the corresponding vehicular and pedestrian capacity was made at these intersections, considered the hours of greatest demand. Likewise for the determination of geometric conditions of the intersections the topographic survey was carried out. Finally, for the determination of sanfortified conditions, a detailed inventory of the behavior of traffic lights and signaling at each intersection was made.

With the data obtained, we proceeded to calculate the road capacity and service level based on the Highway Capacity Manual (HCM 2010), which is incorporated in the Synchro 8.0 simulation software, which allowed us to simulate these intersections in its Actual state.

The projection of future traffic volume was carried out at 5,10,15,20 years in the intersections studied. With these volumes, the aforementioned procedure was performed to calculate the road capacity and service level with its respective simulation for each scenario.

With the results obtained it was determined in which year the overpass should be implemented. Similarly with these volumes, the traffic simulation was carried out using VISSIM software to determine the road capacity and service level in that year.

In conclusion, with the proper implementation of an overpass at each intersection, it results in a higher road capacity and a better level of service for the roads.



INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento rápido del parque automotor y la escasa mejora de las condiciones físicas de las ciudades, la congestión vehicular se ha vuelto uno de los principales problemas urbanos, es por eso que hoy en día la planificación vial y urbanística es de suma importancia.

En la ciudad del Cusco contamos con niveles bajos de planificación vial, es por eso que logramos observar que en muchas intersecciones existe un pésimo nivel de servicio, ya que no se consideraron temas tan importantes como el aumento de vehículos en circulación con el transcurso del tiempo.

En la presente tesis se analizó la capacidad vial y nivel de servicio en el estado actual de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura – Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco. Se realizó la proyección de volúmenes de tráfico futuro determinando el año adecuado para implementación de un sistema vial de intersección a desnivel, simulando dichos escenarios, comparando así la capacidad vial y nivel de servicio con el de la intersección semaforizadas correspondiente.

Es por eso que esta investigación se desarrolló con el fin establecer respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a la solución del planeamiento tanto vial como urbanístico.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.....	xxiv
CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.1. Descripción del Problema	1
1.1.1.1. Ubicación Geográfica:	1
1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema:.....	3
1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General	3
1.1.2.2 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos	4
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación:	5
1.2.1. Justificación Técnica.....	5
1.2.2. Justificación Social	5
1.2.3. Justificación por Viabilidad.....	5
1.2.4. Justificación por Relevancia.....	5
1.3. Limitaciones de la Investigación	6
1.3.1. Limitaciones por Espacio:	6
1.3.2. Limitaciones por Tiempo:.....	6
1.3.3. Limitaciones por datos:	6
1.3.4. Limitaciones por Fuente de Base:.....	6
1.4. Objetivo de la Investigación.....	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
1.5. Hipótesis	8
1.5.1. Hipótesis General	8
1.5.2. Sub hipótesis	8
1.6. Definición de variables	9
1.6.1. Variable Independiente:	9
1.6.1.1 Dimensión de Variable Independiente:.....	9



1.6.1.2 Indicadores de Variable Independiente:9

1.6.2. Variables Dependientes:9

1.6.2.1 Dimensión de las Variables Dependientes10

1.6.2.2 Indicadores de las variables dependientes:10

1.7. Cuadro de Operacionalización de Variables11

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO DE LA TESIS.....12

2.1. Antecedentes de la Tesis12

2.1.1. Antecedentes a Nivel Local12

2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional12

2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional13

2.2. Aspectos Teóricos Pertinente14

2.2.1. Definición del Infraestructura vial14

2.2.2. Clasificación de Vías14

2.2.2.1 Vías expresas16

(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)16

2.2.2.2 Vías arteriales:16

2.2.2.3 Vías colectoras:17

2.2.2.4 Vías locales18

2.2.2.5 Vías de diseño especial18

2.2.3. Usuarios de la Vía19

2.2.3.1 El conductor19

2.2.3.2 El Vehículo20

2.2.3.2.1 Tipos de vehículos20

2.2.3.3 El peatón y su interacción con la vía24

2.2.4. Intersecciones Viales24

2.2.4.1 Tipos de Intersecciones Viales24

2.2.4.1.1 Intersecciones a Nivel25

2.2.4.1.2 Intersecciones a Desnivel39

2.2.4.1.2.1 Intercambio41

2.2.5. Dispositivos para el Control del Transito54

2.2.5.1 Clasificación de dispositivos de control55

2.2.5.1.1 Señales verticales55

2.2.5.1.2 Señales horizontales56

2.2.6. Volumen de Transito Horario:56

2.2.6.1 Volumen horario de máxima demanda:56

2.2.6.2 Volumen Horario de Proyecto57

2.2.7. Velocidad en General57



2.2.7.1 Velocidad a flujo libre57

2.2.8. Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas58

2.2.9. Nivel de Servicio58

2.2.10. Tasa de demanda del flujo.....60

2.2.11. Factor hora Punta de Intersección61

2.2.12. Relación de pelotón62

 2.2.12.1 Tipos de llegada:.....63

2.2.13. Cola inicial64

2.2.14. Tasa de flujo peatonal.....64

2.2.15. Tasa de Flujo de bicicletas.....65

2.2.16. Máximo verde65

2.2.17. Minino verde65

2.2.18. El cambio de color amarillo y el rojo.....65

2.2.19. Duración de ciclo (Coordinado- operación Actuada)66

2.2.20. Fase dividida (Coordinado- operación Actuada)66

2.2.21. Desplazamiento y punto de referencia de desplazamiento (Coordinado-
operación Actuada)66

2.2.22. Modo de Fuerza (Operación Coordinada- Actuada).....67

2.2.23. Metodología del HCM67

 2.2.23.1 Paso 1: Determinar grupo de movimientos y grupo de Carriles.....67

 2.2.23.2 Paso 2: Determinar la tasa de flujo de Grupo de Movimientos.....68

 2.2.23.3 Paso 3: Determinar la tasa de Flujo de Grupo de Carriles.....69

 2.2.23.4 Pasó 4: Determinar los Ajustes de la Tasa de Flujo de Saturación:69

 2.2.23.4.1 Flujo de Saturación Base:.....70

 2.2.23.4.2 Factor de Ajuste por ancho de carril:70

 2.2.23.4.3 Factor de Ajuste por Vehículos Pesados:71

 2.2.23.4.4 Factor de Ajuste por Pendiente:72

 2.2.23.4.5 Factor de Ajuste para Estacionamiento72

 2.2.23.4.6 Factor de Ajuste para bloqueo de buses73

 2.2.23.4.7 Factor de Ajuste por tipo de área.....74

 2.2.23.4.8 Factor de Ajuste por el carril utilizado74

 2.2.23.4.9 Factor de Ajuste por giros a la derecha75

 2.2.23.4.10 Factor de Ajuste por giros a la izquierda.....76

 2.2.23.4.11 Factor Ajuste para peatones y bicicletas77

 2.2.23.5 Paso 5: Determinar la proporción que llegan durante el verde77

 2.2.23.6 Paso 6: Determinar la duración de la fase de señal77

 2.2.23.7 Paso 7: Determinar la capacidad y la relación de volumen y capacidad...79

 2.2.23.7.1 Relación de Volumen y capacidad del grupo de carriles.....79



- 2.2.23.8 Paso 8: Determinar demoras80
 - 2.2.23.8.1 Demora uniforme.....81
 - 2.2.23.8.2 Demora incremental81
 - 2.2.23.8.3 Demora de la cola inicial82
- 2.2.23.9 Paso 9. Determinar El Nivel de Servicio83
- 2.2.24. Trafico Futuro83
 - 2.2.24.1 Tasa de Crecimiento poblacional Anual84
 - 2.2.24.2 Producto interno por departamentos (PBI)85
- 2.2.25. Elasticidades:85
- CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....87
- 3.1. Metodología de la Investigación:87
 - 3.1.1. Tipo de Investigación:87
 - 3.1.2. Nivel de Investigación:87
 - 3.1.3. Método de Investigación:87
- 3.2. Diseño de la Investigación:87
 - 3.2.1. Diseño Metodológico:87
 - 3.2.2. Diseño de ingeniería88
- 3.3. Universo y Muestra89
 - 3.3.1. Universo89
 - 3.3.1.1 Descripción del universo89
 - 3.3.1.2 Cuantificación del universo89
 - 3.3.2. Muestra89
 - 3.3.2.1 Descripción de la muestra.....89
 - 3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra:91
 - 3.3.2.3 Método de Muestreo:91
 - 3.3.2.4 Criterios de Evaluación de Muestra:.....92
 - 3.3.3. Criterios de Inclusión:92
- 3.4. Instrumentos:92
 - 3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos:92
 - 3.4.1.1 Ficha de aforo vehicular92
 - 3.4.1.2 Ficha de aforo peatonal96
 - 3.4.1.3 Ficha de características geométricas96
 - 3.4.1.4 Ficha de características semaforicas de la vía97
 - 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería:97
 - 3.4.2.1 Cámara filmadora:97
 - 3.4.2.2 Estación total:98
 - 3.4.2.3 Synchro 8 educacional:98



- 3.4.2.4 VISSIM:.....99
- 3.4.2.5 Civil 3D educacional.....100
- 3.5. Procedimientos de Recolección de Datos:100
 - 3.5.1. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. 28 de julio – 3er paradero de Ttio100
 - 3.5.1.1 Equipo utilizado.....100
 - 3.5.1.2 Procedimiento100
 - 3.5.1.2.1 Codificación de movimientos vehiculares100
 - 3.5.1.2.2 Codificación de movimientos peatonales101
 - 3.5.1.2.3 Identificación de puntos de aforo102
 - 3.5.1.2.4 Registro fílmico.....103
 - 3.5.1.2.5 Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales104
 - 3.5.1.2.6 Recolección de características geométricas de la vía.....106
 - 3.5.1.2.7 Recolección de características semafóricas107
 - 3.5.1.3 Datos108
 - 3.5.2. Recolección de Datos de la Intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado.....113
 - 3.5.2.1 Equipo Utilizado:113
 - 3.5.2.2 Procedimiento:113
 - 3.5.2.2.1 Codificación de Movimientos Vehiculares:.....113
 - 3.5.2.2.2 Codificación de movimientos peatonales114
 - 3.5.2.2.3 Identificación de Puntos de aforo114
 - 3.5.2.2.4 Registro Fílmico:115
 - 3.5.2.2.5 Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales116
 - 3.5.2.2.6 Recolección de características geométricas de la vía.....118
 - 3.5.2.2.7 Recolección de características semafóricas119
 - 3.5.2.3 Datos:120
 - 3.5.3. Recolección de Datos de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco123
 - 3.5.3.1 Equipo Utilizado:123
 - 3.5.3.2 Procedimiento:124
 - 3.5.3.2.1 Codificación de Movimientos Vehiculares:.....124
 - 3.5.3.2.2 Codificación de movimientos peatonales124
 - 3.5.3.2.3 Identificación de Puntos de aforo125
 - 3.5.3.2.4 Registro Fílmico:126
 - 3.5.3.2.5 Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales127
 - 3.5.3.2.6 Recolección de características geométricas de la vía.....129
 - 3.5.3.2.7 Recolección de características semafóricas130



- 3.5.3.3 Datos: 131
- 3.6. Procedimientos de Análisis de Datos 134
 - 3.6.1. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio:..... 134
 - 3.6.1.1 Determinación de la Variación Diaria: 134
 - 3.6.1.1.1 Procesamiento 134
 - 3.6.1.1.2 Diagrama..... 135
 - 3.6.1.1.3 Conclusión 135
 - 3.6.1.2 Variación Horaria: 135
 - 3.6.1.2.1 Procesamiento 135
 - 3.6.1.2.2 Diagrama..... 136
 - 3.6.1.2.3 Conclusión 137
 - 3.6.1.3 Determinación De Volúmenes Vehiculares por Sentido: 137
 - 3.6.1.3.1 Procesamiento 137
 - 3.6.1.3.2 Diagrama..... 138
 - 3.6.1.3.3 Conclusión 138
 - 3.6.1.4 Determinación De Volúmenes peatonales por Sentido: 138
 - 3.6.1.4.1 Procesamiento 138
 - 3.6.1.4.2 Diagrama..... 139
 - 3.6.1.4.3 Conclusión 139
 - 3.6.1.5 Determinación de la Composición Vehicular. 139
 - 3.6.1.5.1 Procesamiento 139
 - 3.6.1.5.2 Diagrama..... 141
 - 3.6.1.5.3 Conclusión 141
 - 3.6.1.6 Determinación de la Composición vehicular (ligero – pesado) 141
 - 3.6.1.6.1 Procesamiento 141
 - 3.6.1.6.2 Diagrama..... 142
 - 3.6.1.6.3 Conclusión 143
 - 3.6.1.7 Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda 143
 - 3.6.1.7.1 Procesamiento 143
 - 3.6.1.7.2 Diagrama..... 145
 - 3.6.1.7.3 Conclusión 145
 - 3.6.1.8 Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0) 145
 - 3.6.1.8.1 Procesamiento 145
 - 3.6.1.8.2 Diagrama..... 156
 - 3.6.1.8.3 Conclusiones..... 156
 - 3.6.1.9 Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales 156



- 3.6.1.9.1 Procesamiento 156
- 3.6.1.9.2 Diagrama..... 165
- 3.6.1.9.3 Conclusiones..... 166
- 3.6.1.10 Software de Simulación VISSIM, para pase a desnivel: 166
 - 3.6.1.10.1 Procesamiento 166
 - 3.6.1.10.2 Diagrama..... 171
 - 3.6.1.10.3 Conclusiones..... 171
- 3.6.2. Análisis de datos para la Intersección Semaforzada Av. La Cultura – Manuel Prado: 172
 - 3.6.2.1 Determinación de la variación diaria: 172
 - 3.6.2.1.1 Procesamiento: 172
 - 3.6.2.1.2 Diagrama:..... 172
 - 3.6.2.1.3 Conclusión: 173
 - 3.6.2.2 Determinación Variación Horaria:..... 173
 - 3.6.2.2.1 Procesamiento: 173
 - 3.6.2.2.2 Diagrama:..... 173
 - 3.6.2.2.3 Conclusión: 174
 - 3.6.2.3 Determinación De Volúmenes Vehiculares por Sentido: 174
 - 3.6.2.3.1 Procesamiento: 174
 - 3.6.2.3.2 Diagrama:..... 174
 - 3.6.2.3.3 Conclusión: 175
 - 3.6.2.4 Determinación De Volúmenes Peatonales por Sentido: 175
 - 3.6.2.4.1 Procesamiento: 175
 - 3.6.2.4.2 Diagrama:..... 175
 - 3.6.2.4.3 Conclusión: 175
 - 3.6.2.5 Determinación De la Composición Vehicular:..... 176
 - 3.6.2.5.1 Procesamiento: 176
 - 3.6.2.5.2 Diagrama 176
 - 3.6.2.5.3 Conclusión: 177
 - 3.6.2.6 Determinación De la Composición Vehicular (Ligeros – Pesados):..... 177
 - 3.6.2.6.1 Procesamiento: 177
 - 3.6.2.6.2 Diagrama:..... 178
 - 3.6.2.6.3 Conclusión: 179
 - 3.6.2.7 Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda: 179
 - 3.6.2.7.1 Procesamiento: 179
 - 3.6.2.7.2 Diagrama..... 180
 - 3.6.2.7.3 Conclusión: 180



- 3.6.2.8 Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0) 181
 - 3.6.2.8.1 Procesamiento: 181
 - 3.6.2.8.2 Diagrama:..... 186
 - 3.6.2.8.3 Conclusión: 187
- 3.6.2.9 Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales 187
 - 3.6.2.9.1 Procesamiento: 187
 - 3.6.2.9.2 Diagrama:..... 191
 - 3.6.2.9.3 Conclusión: 192
- 3.6.2.10 Software de Simulación VISSIM:..... 192
 - 3.6.2.10.1 Procesamiento 192
 - 3.6.2.10.2 Diagrama:..... 197
 - 3.6.2.10.3 Conclusión: 197
- 3.6.3. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco: 197
 - 3.6.3.1 Determinación de la variación diaria: 197
 - 3.6.3.1.1 Procesamiento: 197
 - 3.6.3.1.2 Diagrama:..... 198
 - 3.6.3.1.3 Conclusión: 198
 - 3.6.3.2 Determinación Variación Horaria:..... 198
 - 3.6.3.2.1 Procesamiento: 198
 - 3.6.3.2.2 Diagrama:..... 199
 - 3.6.3.2.3 Conclusión: 199
 - 3.6.3.3 Determinación De Volúmenes Vehiculares por Sentido: 199
 - 3.6.3.3.1 Procesamiento: 199
 - 3.6.3.3.2 Diagrama:..... 200
 - 3.6.3.3.3 Conclusión: 201
 - 3.6.3.4 Determinación De Volúmenes Peatonales por Sentido: 201
 - 3.6.3.4.1 Procesamiento: 201
 - 3.6.3.4.2 Diagrama:..... 201
 - 3.6.3.4.3 Conclusión: 202
 - 3.6.3.5 Determinación De la Composición Vehicular:..... 202
 - 3.6.3.5.1 Procesamiento: 202
 - 3.6.3.5.2 Diagrama:..... 202
 - 3.6.3.5.3 Conclusión: 203
 - 3.6.3.6 Determinación De la Composición Vehicular (Ligeros – Pesados): 203
 - 3.6.3.6.1 Procesamiento: 203
 - 3.6.3.6.2 Diagrama:..... 204



3.6.3.6.3 Conclusión:205

3.6.3.7 Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:205

3.6.3.7.1 Procesamiento:205

3.6.3.7.2 Diagrama:.....206

3.6.3.7.3 Conclusión:206

3.6.3.8 Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0)207

3.6.3.8.1 Procesamiento:207

3.6.3.8.2 Diagrama:.....213

3.6.3.8.3 Conclusión:213

3.6.3.9 Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales213

3.6.3.9.1 Procesamiento:213

3.6.3.9.2 Diagrama:.....219

3.6.3.9.3 Conclusión:220

3.6.3.10 Software de Simulación VISSIM:.....220

3.6.3.10.1 Procesamiento220

3.6.3.10.2 Diagrama:.....225

3.6.3.10.3 Conclusión:225

CAPÍTULO IV - RESULTADOS.....226

CAPÍTULO V - DISCUSIÓN233

GLOSARIO235

CONCLUSIONES237

RECOMENDACIONES240

REFERENCIAS.....241

ANEXOS242



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Cuadro operacional de variables11
Tabla 2 : Parámetros de diseño vinculado a la clasificación de vías urbanas19
Tabla 3 : Factores que afectan al conductor.....20
Tabla 4 : Datos básicos de vehículos23
Tabla 5 : Distancias mínimas para separación de niveles en estructuras por arriba o por debajo54
Tabla 6 : Valores de la relación de pelotón.....62
Tabla 7 : Factores de ajuste71
Tabla 8 : Niveles de servicio.....83
Tabla 9 : Tasa de crecimiento por provincia en %84
Tabla 10 : Ficha de aforo vehicular Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio93
Tabla 11 : Ficha de aforo vehicular Av. La Cultura – Manuel Prado94
Tabla 12: Ficha de aforo vehicular Prolongación Av. La Cultura Universidad Andina del Cusco.....95
Tabla 13: Formato de ficha de aforo peatonal96
Tabla 14: Formato de ficha de características geométricas de la vía96
Tabla 15 : Formato de ficha de características semafóricas de la vía.....97
Tabla 16 : Características geométricas, C1-C9109
Tabla 17 : Características geométrica, C2-C8109
Tabla 18: Características geométrica, C3-C7109
Tabla 19: Características geométrica, C4-C6.....110
Tabla 20: Características geométrica, C5.....110
Tabla 21: Características geométrica, C10.....110
Tabla 22: Características semafóricas, S1111
Tabla 23: Características semafóricas. S2111
Tabla 24 : Características semafóricas, S3111
Tabla 25 : Características semafóricas, S4112
Tabla 26: Características semafóricas, S6112
Tabla 27 : Características semafóricas, S5112
Tabla 28: Características geométricas C1120
Tabla 29 : Características geométricas C2.....121
Tabla 30: Características geométricas C3.....121
Tabla 31: Características geométricas C4121
Tabla 32 : Características geométricas C5.....122
Tabla 33: Características geométricas C6.....122
Tabla 34: Características semafóricas S1122
Tabla 35: Características semafóricas S2123
Tabla 36: Características semafóricas S3123
Tabla 37: Características Geométricas C1131
Tabla 38: Características geométrica C2.....132
Tabla 39: Características geométrica C3.....132
Tabla 40: Características geométricas C4.....132
Tabla 41: Características geométricas C5.....133
Tabla 42: Características semafóricas S1133
Tabla 43: Características semafóricas S2133
Tabla 44: Características semafóricas S3134
Tabla 45: Volúmenes Diarios de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio134



Tabla 46: Volúmenes Horarios de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 136

Tabla 47: Volúmenes Vehiculares de la Intersección 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 137

Tabla 48: Volúmenes Peatonales de la Intersección 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 138

Tabla 49: Composición Vehicular de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio, por movimiento de circulación 140

Tabla 50: Composición Vehicular de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio (ligero-pesado) 142

Tabla 51: Volumen cada 15 min de la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 144

Tabla 52: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 144

Tabla 53 : Tabla de Cálculo de velocidades de la Intersección Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio 150

Tabla 54: Proyección del movimiento A de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 157

Tabla 55: Proyección del movimiento B de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 158

Tabla 56: Proyección del movimiento C de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 158

Tabla 57: Proyección del movimiento D de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 159

Tabla 58: Proyección del movimiento E de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 159

Tabla 59: Proyección del movimiento F de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 160

Tabla 60: Proyección del movimiento G de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 160

Tabla 61: Proyección del movimiento H de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 161

Tabla 62: Proyección del movimiento I de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 161

Tabla 63: Proyección del movimiento J de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 162

Tabla 64: Proyección del movimiento K de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 162

Tabla 65 : Proyección del movimiento L de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 163

Tabla 66 : Proyección del movimiento M de la intersección Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio 163

Tabla 67: Proyección del movimiento P1 – P2 de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 164

Tabla 68: Proyección del movimiento P3 – P4 de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 164

Tabla 69: Proyección del movimiento P7 – P8 de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 164

Tabla 70: Proyección del movimiento P5 – P6 de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 164



Tabla 71: Distancias mínimas para separación de niveles en estructuras por arriba o por debajo168

Tabla 72: Volúmenes Diarios de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado172

Tabla 73: Volúmenes horarios de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado173

Tabla 74: Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Av. La cultura- Manuel Prado.....174

Tabla 75: Volúmenes Peatonales de la Intersección Semaforizada Av. La cultura- Manuel Prado.....175

Tabla 76: Composición Vehicular de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado, por movimiento de circulación176

Tabla 77: Composición Vehicular de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado (ligero-pesado)177

Tabla 78: Volumen cada 15 min de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado.....179

Tabla 79: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado.....180

Tabla 80: Tabla de Cálculo de velocidades de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado183

Tabla 81: Proyección del movimiento 2 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado188

Tabla 82 : Proyección del movimiento 12 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado188

Tabla 83: Proyección del movimiento 3 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado188

Tabla 84: Proyección del movimiento 14 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado189

Tabla 85: Proyección del movimiento 18 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado189

Tabla 86: Proyección del movimiento 1 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado189

Tabla 87: Proyección del movimiento 6 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado190

Tabla 88: Proyección del movimiento 16 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado190

Tabla 89: Proyección del movimiento 9 de la intersección Av. La Cultura- Manuel Prado190

Tabla 90: Proyección del movimiento P1– P2 de la Intersección Av. La Cultura – Manuel Prado.....191

Tabla 91: Proyección del movimiento P3– P4 de la Intersección Av. La Cultura – Manuel Prado.....191

Tabla 92: Proyección del movimiento P5– P6 de la Intersección Av. La Cultura – Manuel Prado.....191

Tabla 93: Volúmenes Diarios de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco198

Tabla 94: Volúmenes Horarios de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco198

Tabla 95: Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La cultura- universidad Andina del Cusco200

Tabla 96: Volúmenes Peatonales de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La cultura- universidad Andina del Cusco201

Tabla 97: Composición Vehicular de la Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco, por movimiento de circulación202



Tabla 98: Composición Vehicular de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco (ligero-pesado).....203

Tabla 99: Volumen cada 15 min de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco205

Tabla 100: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco206

Tabla 101: Cálculo de Velocidad de Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco209

Tabla 102 : Proyección del movimiento 6 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco214

Tabla 104: Proyección del movimiento 14 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco215

Tabla 103: Proyección del movimiento 16 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco215

Tabla 105: Proyección del movimiento 5 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco216

Tabla 106: Proyección del movimiento 2 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco216

Tabla 108: Proyección del movimiento 7 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco217

Tabla 107: Proyección del movimiento 12 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco217

Tabla 110: Proyección del movimiento 9 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco218

Tabla 109: Proyección del movimiento 18 de la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco218

Tabla 111: Proyección del movimiento P5– P6 de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco219

Tabla 112: Proyección del movimiento P3– P4 de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco219

Tabla 113: Proyección del movimiento P1– P2 de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco219

Tabla 114: Capacidades – Demoras- Nivel de Servicio Actuales de las 3 intersecciones226

Tabla 115: Variación de la composición Vehicular al año de proyección227

Tabla 116: Variación de las volúmenes vehiculares y peatonales al año de proyección227

Tabla 117: Proyección de Niveles de las 3 intersecciones227

Tabla 118: Optimización de ciclos en la intersección Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio.....227

Tabla 119: Optimización de ciclos en la intersección Prolongación Av. La cultura- Manuel Prado.....228

Tabla 120: Optimización de ciclos en la intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cuso228

Tabla 121: Variación de la capacidad con y sin Conflicto Peatonal228

Tabla 122: Demoras- Nivel de Servicio Proyectados de las 3 intersecciones229

Tabla 123: Comparación de la capacidad, demora y nivel de servicio de las 3 intersecciones semaforizadas en comparación con intersección a desnivel.....229

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Intersección SemafORIZADA Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio”	2
Figura 2: “Intersección semafORIZADA Av. La Cultura - Manuel Prado”	2
Figura 3: "Ubicación Geográfica de la intersección: Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco	3
Figura 4 : Alturas asociados a vehículos ligeros.....	22
Figura 5 : Alturas asociadas a vehículos pesados	23
Figura 6 : Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel	25
Figura 7 : Intersección sin canalizar y canalizada.....	27
Figura 8 : Tipos de isletas	29
Figura 9 : Tipos de intersecciones a nivel.....	30
Figura 10 : Intersecciones de tres ramales.....	31
Figura 11 : Intersecciones de cuatro ramales	32
Figura 12 : Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares.....	32
Figura 13 : Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare	33
Figura 14 : Esquema de una intersección giratoria o glorieta	34
Figura 15 : Esquema de fase en una intersección semafORIZADA.....	35
Figura 16: Tipos de movimientos en una intersección	37
Figura 17: Tipos de intersección a desnivel.....	41
Figura 18 : Intercambio de tres ramas tipo trompeta	42
Figura 19: Intercambio de tres ramas tipo T	43
Figura 20 : elementos básicos de intercambio tipo diamante y trébol	44
Figura 21 :Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico	45
Figura 22 : Modificaciones de intercambio de cuatro ramas tipo diamante	46
Figura 23 : Intercambios tipo trébol parcial.....	47
Figura 24: Intercambios tipo trébol simétricos de libre circulación	48
Figura 25 : Intercambios tipo trébol no simétricos de libre circulación	48
Figura 26 : Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos.....	49
Figura 27 : Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda ..50	
Figura 28 : Altura libre H requerida en terreno plano para paso superior e inferior	53
Figura 29 : Criterios del nivel de servicio	60
Figura 30 : Movimiento de tráfico de vehículos y peatones	68
Figura 31 : Tasa de crecimiento anual para vehículos de carga según el PBI	85
Figura 32 : Intersección semafORIZADA Avenida 28 de Julio - 3er paradero de Tío.....	90
Figura 33 : Intersección semafORIZADA Avenida la Cultura - Manuel Prado.....	90
Figura 34 : Intersección semafORIZADA Prolongación avenida la cultura – Universidad Andina del Cusco	91
Figura 35: Synchro 8 educational	99
Figura 36: VISSIM.....	99
Figura 37: Civil 3D educacional.....	100
Figura 38: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semafORIZADA de la Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio.....	101



Figura 39: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de la Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio..... 102

Figura 40 : intersección semaforizada de la av. 28 de julio - 3er paradero de ttio..... 103

Figura 41 : codificación de calzada en la intersección semaforizada Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio..... 107

Figura 42: Codificación de Semáforos, intersección av. 28 de julio- Tercer paradero de Ttio..... 108

Figura 43: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de la Av. La cultura – Manuel prado..... 113

Figura 44: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de la Av. La cultura- Manuel prado..... 114

Figura 45 : Puntos de Aforo de la intersección semaforizada av. la cultura - Manuel prado..... 115

Figura 46 : Codificación de calzada en la intersección semaforizada Av. La cultura- Manuel prado 119

Figura 47: Codificación de Semáforos, intersección av. La Cultura- Manuel Prado... 120

Figura 48: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de la Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco..... 124

Figura 49 : Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de la Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco..... 125

Figura 50: Puntos de aforo de la intersección semaforizada Prolongación av. la cultura – universidad andina del cusco 126

Figura 51: Codificación de calzada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco 130

Figura 52: Codificación de Semáforos, intersección Prolongación av. La Cultura- universidad andina del Cusco 131

Figura 53: Variación Diaria de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio. 135

Figura 54: Variación horaria de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 136

Figura 55 : Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 138

Figura 56 : Variación de volúmenes peatonales por sentido..... 139

Figura 57: Composición Vehicular de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio, por movimiento de circulación 141

Figura 58 : Porcentaje de Vehículos Pesados en la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero por sentido..... 142

Figura 59 : Composición Vehicular de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio (ligero-pesado) 143

Figura 60: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio 145

Figura 61 : Vista en planta de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio. 146

Figura 62 : Codificación de sus intersecciones..... 146

Figura 63 : Movimientos de carriles..... 147

Figura 64 : Ventana de Ajuste de Volúmenes de Intersección Av28 de Julio - 3er paradero de Ttio, Intersección 1 148

Figura 65 : Ventana de Ajuste de Volúmenes de Intersección Av28 de Julio - 3er paradero de Ttio, Intersección 2..... 148

Figura 66 : Ventana de Ajuste de Volúmenes de Intersección Av28 de Julio - 3er paradero de Ttio, intersección 3 149

Figura 67 : Volúmenes por sentido de circulación 149



Figura 68 : Ventana de Ajuste de Carril de Intersección Av. 28 de Julio- 3erzparadero de Ttio, Intersección 1 150

Figura 69 : Ventana de Ajuste de Carril de Intersección Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio, intersección 2 151

Figura 70 : Ventana de Ajuste de Carril de Intersección Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio Intersección 3..... 151

Figura 71: Ventana de Ajuste de Semáforo de la Intersección Av. 28 de julio – 3er paradero de Ttio Intersección 1 152

Figura 72 : Ventana de Ajuste de Semáforo de la Intersección Av. 28 de julio – 3er paradero de Ttio , Intersección 2..... 153

Figura 73: Ventana de Ajuste de Semáforo de la Intersección Av. 28 de julio – 3er paradero de ttio Intersección 3 153

Figura 74 : Ventana de Ajuste de metodología HCM de la Intersección Av. 28 de julio - 3er paradero de ttio Intersección 1 154

Figura 75: Ventana de Ajuste de metodología HCM de la Intersección Av. 28 de julio - 3er paradero de Ttio Intersección 2..... 154

Figura 76: Ventana de Ajuste de metodología HCM de la Intersección Av. 28 de julio - 3er paradero de Ttio Intersección 3..... 155

Figura 77 : Simulación de la Intersección Av. La 28 de julio -3er paradero de Ttio ... 155

Figura 78 : Capacidad vial por grupo de movimiento 156

Figura 79 : Volúmenes vehiculare proyectados 165

Figura 80 : Proyección volúmenes peatonales 165

Figura 81: Altura libre H requerida en terreno plano para paso superior e inferior 167

Figura 82 : Vista en planta de la Intersección Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio. 169

Figura 83: Sección geométrica de la Intersección Av. 28 de julio – 3er paradero de ttio 169

Figura 84 : Configuración de semáforos..... 170

Figura 85: Inclusión de datos de tráfico 170

Figura 86 : Simulación de la intersección Av. 28 de julio – 3er paradero de Ttio 171

Figura 87 : Demora por grupo de movimiento 171

Figura 88: Variación Diaria de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado..... 172

Figura 89: Variación Horaria de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 173

Figura 90: Variación Vehiculares en la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado ... 174

Figura 91: Variación de volúmenes peatonales por sentido..... 175

Figura 92: Composición Vehicular de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado, por movimiento de circulación 176

Figura 93: Porcentaje de Vehículos Pesados por sentido en la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 178

Figura 94 : Composición Vehicular de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado (ligero-pesado) 178

Figura 95: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 180

Figura 96: Vista en planta de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 181

Figura 97 : Movimiento de carriles..... 182

Figura 98: Ventana de Ajuste de Volúmenes de Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 182

Figura 99 : Volúmenes por sentido de circulación 183

Figura 100: Ventana de Ajuste de Carril de Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 184

Figura 101 : Ventana de Ajuste de metodología HCM de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado..... 185



Figura 102: Ventana de Ajuste de Semáforo de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 185

Figura 103: Simulación de la Intersección Av. La cultura- Manuel Prado 186

Figura 104: Capacidad Vial por sentido de circulación 186

Figura 105: Variación de Volúmenes Vehiculares por Año 191

Figura 106: Variación de Volúmenes Peatonales por Año 192

Figura 107 : Vista en planta de la Intersección Av. La cultura – Manuel Prado..... 194

Figura 108 : Sección geométrica de la Intersección Av. La cultura – Manuel Prado .. 195

Figura 109 : Configuración de semáforos 195

Figura 110 : Inclusión de datos de tráfico 196

Figura 111: Simulación de la intersección Av. La cultura- Manuel prado 196

Figura 112: Demoras por grupo de Movimientos de la intersección Av. La cultura- Manuel prado 197

Figura 113: Variación Diaria de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 198

Figura 114: Variación Horaria de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 199

Figura 115: Volúmenes Vehiculares por Sentido 200

Figura 116: Volúmenes Peatonales por Sentido de Circulación 201

Figura 117: Composición Vehicular de la Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco, por movimiento de circulación 202

Figura 118: Porcentaje de Vehículos Pesados por sentido en la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 204

Figura 119 : Composición Vehicular de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco (ligero-pesado)..... 204

Figura 120: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 206

Figura 121: Vista en planta de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 207

Figura 122 : Volúmenes por sentido de circulación 208

Figura 123: Ventana de Ajuste de Volúmenes de Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 208

Figura 124 : Volúmenes por sentido de circulación 209

Figura 125: Ventana de Ajuste de Carril de Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 210

Figura 126: Ventana de Ajuste de Semáforo de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 211

Figura 127: Ventana de Metodología del HCM de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 212

Figura 128 : Simulación de la Intersección Prolongación Av. La cultura- Universidad Andina del Cusco 212

Figura 129: Capacidad Vial por sentido de circulación 213

Figura 130: Variación de Volúmenes vehiculares por Año 219

Figura 131: Variación de Volúmenes peatonales por Año 220

Figura 132 : Vista en planta de la Intersección Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco 222

Figura 133 : Sección geométrica de la Intersección Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco 223

Figura 134 : Configuración de semáforos 223

Figura 135 : Inclusión de datos de tráfico 224



Figura 136: Simulación de la intersección Prolongación Av. La cultura – universidad andina del cusco224

Figura 137: Demoras por Grupo de Movimiento de la intersección Prolongación Av. La cultura – universidad andina del cusco.....225

Figura 138 : Comparación de la capacidad de la intersección Semaforizada Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio con la intersección a desnivel230

Figura 139: Comparación de las capacidades de la intersección Semaforizada Av. La cultura – Manuel Prado con la intersección a desnivel230

Figura 140: Comparación de la capacidad de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La cultura – UAC con la intersección a desnivel231

Figura 141: Comparación de las demoras de la intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er Paradero de Ttio con la intersección a desnivel231

Figura 142: Comparación de las demoras de la intersección Semaforizada Av. La cultura – Manuel Prado con la intersección a desnivel232

Figura 143: Comparación de las demoras de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La cultura – UAC con la intersección a desnivel232

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: cámara filmadora y trípode97

Fotografía 2: Estación total e instrumentos complementarios.....98

Fotografía 3: Registro Fílmico de la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio 104

Fotografía 4: Volúmenes Vehiculares en la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio 105

Fotografía 5: Volúmenes Peatonales en la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio 105

Fotografía 6: Levantamiento Topográfico intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio 106

Fotografía 7: Recolección de Datos Semaforicos de la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio..... 107

Fotografía 8: Registro Fílmico de la intersección Av. La cultura – Manuel Prado 116

Fotografía 9: Volúmenes Vehiculares en la intersección Av. La cultura – Manuel Prado 117

Fotografía 10: Volúmenes Peatonales en la intersección Av. La cultura – Manuel Prado 117

Fotografía 11: Levantamiento Topográfico de la intersección Av. La cultura – Manuel Prado 118

Fotografía 12: Recolección de Características Semaforicas en la intersección Av. La cultura – Manuel Prado 119

Fotografía 13: Registro Fílmico de la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 127

Fotografía 14: Volumen Vehicular en la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 128

Fotografía 15: Volumen Vehicular en la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 128



Fotografía 16: Levantamiento Topográfico en la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 129

Fotografía 17: Recolección de Características Semafóricas en la Intersección Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco 130

Fotografía 18: Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 242

Fotografía 19: Intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 242

Fotografía 20: Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina de Cusco 243

Fotografía 21: Registro Fílmico (punto de aforo 1) en la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 243

Fotografía 22: Registro Fílmico (punto de aforo 2) en la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 243

Fotografía 23: Registro Fílmico (punto de aforo 1) en la Intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 24: Registro Fílmico (punto de aforo 2) en la Intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 25: Registro Fílmico (punto de aforo 1) en la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco 243

Fotografía 26: Registro Fílmico (punto de aforo 1) en la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco 243

Fotografía 27: Levantamiento topográfico en la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 243

Fotografía 28: Levantamiento topográfico en la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 243

Fotografía 29: Levantamiento topográfico en la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 243

Fotografía 30: Levantamiento topográfico en la Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio- 3er paradero de Ttio 243

Fotografía 31: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 32: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 33: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 34: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 35: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado 243

Fotografía 36: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco 243

Fotografía 37: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco 243

Fotografía 38: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco 243

Fotografía 39: Levantamiento topográfico intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco 243

CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Existe un crecimiento acelerado del tráfico urbano en la ciudad del Cusco que produce efectos indeseables en la movilidad de los conductores y peatones. Asimismo, la falta de planificación y la situación económica son algunos aspectos que contribuyen al mal funcionamiento de las vías.

No se cuenta con un análisis actualizado de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura – Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco, y es usual encontrar embotellamientos y colas de vehículos en estas, especialmente en horas de mayor demanda de vehículos. Esto sumado a la falta de optimización de la semaforización repercute en la pérdida de tiempo de los usuarios, ya que estas al no estar optimizadas tienden a detener el tráfico fluido.

Las vías que estudiamos no cuentan con una adecuada señalización Horizontal y Vertical, tampoco cuentan con sobre anchos adecuados para el estacionamiento y adelantamiento de vehículos.

Son estos los motivos que nos llevan a realizar el diagnóstico de la capacidad y nivel de servicio de dichas intersecciones, como elemento de partida que contribuye a estudios posteriores de planeación vial.

1.1.1.1. Ubicación Geográfica:

Las intersecciones a analizar tienen la siguiente ubicación geográfica:

- La intersección Avenida 28 de Julio – 3er paradero de Ttio se encuentra en el Distrito de Wanchaq, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

Norte : 71°57'36"

Sur : 13°31'57"

Figura 1: Intersección Semaforizada Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio”



Fuente: Google Earth

- La intersección Av. La Cultura – Manuel Prado se encuentra en el Distrito de Wanchaq, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

Norte : 71^a57'12"

Sur : 13^o31'31"

Figura 2: “Intersección semaforizada Av. La Cultura - Manuel Prado”



Fuente: Google Earth

- La intersección Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco se encuentra en el Distrito de San Jerónimo, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

Norte : 71°54'13"

Sur : 71°54'13"

**Figura 3: "Ubicación Geográfica de la intersección:
Prolongación Av. La Cultura- Universidad Andina del Cusco**



Fuente: Google Earth

1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema:

1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál es la diferencia de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación?



1.1.2.2 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

Problema Especifico N°1: ¿Cómo varían las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco con respecto al año de implementación de la intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación?

Problema Especifico N°2: ¿Cuál es la diferencia de las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación?

Problema Especifico N°3: ¿Cuál es el estado de las Condiciones semafóricas (fases y ciclos) que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco?

Problema Especifico N°4: ¿En qué medida varían los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco en comparación al tiempo de demora de una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación?

Problema Especifico N°5: ¿De qué manera influye el conflicto peatonal en el análisis de la capacidad y nivel de servicio de las intersecciones: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco?



1.2. Justificación e Importancia de la Investigación:

1.2.1. Justificación Técnica

La investigación tuvo los siguientes aportes técnicos:

- Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas en estudio y comparación con el nivel servicio y capacidad de la infraestructura vial a desnivel.
- Determinación del diseño de la infraestructura vial más eficiente para que los usuarios ahorren en tiempo de viaje.
- Hallazgo de las respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a soluciones y diseño de nuevos proyectos.

1.2.2. Justificación Social

El transportista que se moviliza por esta avenida no se encuentra completamente beneficiado y satisfecho, necesita reducir sus tiempos de viaje para llegar a su destino en un menor tiempo, reducir el índice de accidentes que se generan en dichas vías y disminuir el estrés provocado por la congestión que se presenta en horas y días críticos. Es por eso que se desarrolló la presente investigación, para hallar respuestas y así las vías puedan brindarle un mejor servicio.

1.2.3. Justificación por Viabilidad

Para la realización de esta investigación, se contó con los recursos necesario, como: La metodología del HCM y Softwares de simulación a nuestro alcance y disposición, el acceso a la zona de investigación y el financiamiento requerido el cual hizo que la tesis se económicamente viable.

1.2.4. Justificación por Relevancia

El tema de investigación es de gran importancia ya que las intersecciones a estudiar son de las más transitadas en la ciudad del Cusco, y en la que se presentan ciertos problemas de circulación. Por esta razón que al conocer el



nivel de servicio y la capacidad vial se propuso respuestas y soluciones que promuevan y encaminen a diseños de nuevos proyectos.

1.3. Limitaciones de la Investigación

1.3.1. Limitaciones por Espacio:

El estudio se realizó en tres intersecciones, ubicadas en la provincia del Cusco, departamento del Cusco:

- La intersección de la Avenida 28 de Julio – Tercer paradero de Ttio.
- La intersección Av. La Cultura – Manuel Prado.
- La intersección Av. Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco.

1.3.2. Limitaciones por Tiempo:

Con la evidencia de dificultades en el tránsito como la congestión vehicular, bajas velocidades de circulación, embotellamientos en las intersecciones a estudiar, debido al aumento del flujo vehicular y mayor porcentaje de vehículos ligeros o pesados se debe realizar el análisis de capacidad vial y niveles de servicio cada año, considerando los grandes porcentajes de aumento y variación de la capacidad vial y niveles de servicio en dichas vías.

1.3.3. Limitaciones por datos:

Se tuvo la inexistencia de datos actualizados referentes a volúmenes de tránsito. Hecho que se superó mediante el trabajo en campo para obtención de datos, como son los aforos manuales. Así mismo con el apoyo de métodos topográficos se pudo determinar las características geométricas en campo e inventarios de datos semaforicos.

1.3.4. Limitaciones por Fuente de Base:

Para el estudio de la Capacidad y Niveles de Servicio en el Perú no se cuenta con una metodología Propia es por eso que se recurrió a la utilización de la metodología expuesta por el manual norteamericano Highway Capacity Manual



(HCM 2010). Así mismo para el diseño geométrico de pases a desnivel, se utilizó en Manual Centro Americano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Analizar la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación.

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Específico N°1: Determinar la variación de las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco con respecto al año de implementación de la intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación.

Objetivo Específico N°2: Determinar la diferencia de las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación.

Objetivo Específico N°3. Determinar el estado de las Condiciones semafóricas (fases y ciclos) que influyen en la capacidad vial las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco.

Objetivo Específico N°4: Comparar los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er



Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco con respecto a los tiempos de demora de las intersecciones a desnivel.

Objetivo Específico N°5: Determinar la influencia del conflicto peatonal en el análisis de la capacidad y nivel de servicio de las intersecciones: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco es menor en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación.

1.5.2. Sub hipótesis

Sub Hipótesis N°1: La variación de las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco son significativas con respecto al año de implementación del pase a desnivel.

Sub Hipótesis N°2: Las Condiciones geométricas que influyen en la capacidad vial de las intersecciones a desnivel son más favorables con respecto a las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco

Sub Hipótesis N°3: Las Condiciones semafóricas (fases y ciclos) que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco son ineficientes.



Sub Hipótesis N°4: Los tiempos de demora que influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco son mayores en comparación con una intersección a desnivel.

Sub Hipótesis N°5: La influencia del conflicto peatonal en el análisis de la capacidad y nivel de servicio en las intersecciones: Av. 28 de Julio - 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco, es mínima.

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variable Independiente:

- **Intersecciones:** Es el lugar donde dos o más vías se cruzan al mismo nivel, donde están localizadas los dispositivos que permiten los diversos movimientos de circulación.

1.6.1.1 Dimensión de Variable Independiente:

- Intersección Semaforizada
- Intersección a desnivel

1.6.1.2 Indicadores de Variable Independiente:

- Semáforo
- Geometría de la Intersección

1.6.2. Variables Dependientes:

- **Capacidad:** tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o carril
- **Nivel de Servicio:** Medida de calidad que describe las condiciones de funcionamiento dentro de un flujo de tráfico.



1.6.2.1 Dimensión de las Variables Dependientes

- Condiciones de Trafico
- Condiciones Geométricas
- Condiciones Semafóricas
- Tiempos de demora

1.6.2.2 Indicadores de las variables dependientes:

Condiciones de tráfico:

- Vehículos pesados (%)
- Numero de peatones/hora
- Estacionamiento
- Paradas de autobús
- Circulación de peatones y ciclistas

Condiciones Geométricas:

- Número de carriles
- Ancho de carriles (m)
- Pendiente
- Tipo de área

Condiciones Semafóricas:

- Duración de fase en verde (s)
- Duración de fase en rojo (s)
- Ciclo del semáforo (s)
- Giro a la derecha

- Giros a la izquierda

Tiempos de demora:

- Demora uniforme
- Demora Incremental
- Demora por demanda residual

1.7. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 1 : Cuadro operacional de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X₁: Intersecciones	Cruce de dos o de más calles, caminos. (confluencia de varias vías)	Intersecciones semaforizadas	Semáforos	Ficha de inventario de Campo
		Intersecciones a desnivel	Geometría de la intersección	Ficha de Diseño Geométrico
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y₁: Capacidad vial	Máximo flujo posible en una facilidad de transporte, bajo condiciones prevalecientes.	Condiciones de Trafico	Número de Vehículos	HCM2010 SYNCHRO 8.0, VISSIM
		Condiciones Geométricas		
		Condiciones Semafóricas		
Y₂: Nivel de servicio	Medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.	Tiempos de Demora	Niveles A,B,C,D,E,F	HCM 2010. SYNCHRO 8.0 VISSIM

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Local

2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional

Investigación: Análisis del Flujo Vehicular - de los Óvalos Libertadores, Garcilaso y Tacna - Intersecciones Giratorias en comparación con el comportamiento de intersección semaforizadas sometidas a la misma demanda.

- **AUTOR:** Jimmy Carol Challco Castillo
- **AÑO:** Cusco, 2015
- **UNIVERSIDAD:** Universidad Andina del Cusco
- **RESUMEN:** La presente tesis estudia el análisis de la capacidad vial de las intersecciones giratorias (glorietas, rotondas) en comparación con el modelamiento de intersecciones viales Semaforizadas (ramales Múltiples) sometidas a la misma demanda de la ciudad del Cusco, determinando la capacidad Vial y/o nivel de servicio de las intersecciones viales giratorias y simulando un sistema vial Semaforizada que compara dicho nivel de servicio de las intersecciones de estudio.
- **CONCLUSIÓN:** Con el desarrollo de esta tesis se demostró que la capacidad vial que ofrecen las intersecciones giratorias es mayor y más eficientes en comparación a la capacidad vial que ofrece las intersecciones semaforizadas.

Investigación: Alternativa de solución vial a la intersección de las av. A. Cáceres y av. Ramón Mujica.

- **AUTOR:** Luis Alonzo Otero Seminario
- **AÑO:** Piura, 2015



- **UNIVERSIDAD:** Universidad de Piura
- **RESUMEN:** La presente tesis busco una solución de la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mujica aplicando las metodologías vigentes para determinar la capacidad y los niveles de servicio actuales, con datos de conteos tomados en campo previamente. Al analizar los datos actuales los resultados fueron demoras elevadas y niveles de servicio muy bajos, por lo que se procedió a proponer diferentes alternativas de diseño geométrico como soluciones parciales al problema antes mencionado. Entre las propuestas planteadas están ensanchamiento de carriles, uso de rotonda y un paso a desnivel.
- **CONCLUSION:** Como la mejor solución se eligió el pase a desnivel ya que la capacidad de vía y relación v/c, niveles de servicio, protección peatonal y funcionabilidad para proyección del tránsito a futuro en esta propuesta fueron las más alentadoras.

2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional

Investigación: Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual de capacidad HCM 2000: caso cerro del agua/Ingeniería.

- **AUTOR:** Angélica Baeza Martínez y Elizabeth Rosa Martínez Ambriz
- **AÑO:** México, 2012
- **UNIVERSIDAD:** Universidad Nacional Autónoma de México
- **RESUMEN:** La presente tesis tiene como objetivo determinar la capacidad y nivel de servicio de una intersección semaforizada mediante la aplicación de la metodología del análisis operacional del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000).

Finalmente se pretende establecer la aplicabilidad de la metodología, mediante los programas: HCS 2000, SIDRA Intersection versión 5 y Synchro 7 sobre la intersección Cerro del Agua/ Ingeniería en su situación

actual de operación; asimismo se propone una adecuación geométrica además de la optimización de los semáforos

- **CONCLUSIÓN:** El contenido de esta tesis proporciona una base para el desarrollo de la planeación de sistemas de tráfico urbano, que permita la interacción entre todos los componentes del tránsito brindando un transporte eficaz y seguro. La tesis no solo aporta la aplicabilidad de la metodología presentada en el HCM 2000, sino que además incluye la utilización de software especializado.

Con el desarrollo de esta tesis, se da cabida al desarrollo de metodologías para intersecciones semaforizadas aplicadas a la situación actual de las vialidades en México, lo que permitirá establecer niveles de servicio y capacidad para las condiciones actuantes reales.

2.2. Aspectos Teóricos Pertinente

2.2.1. Definición del Infraestructura vial

Es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable, segura y eficiente desde un punto a otro en un sistema vial.

En el caso de la infraestructura vial, los análisis generalmente se basan en el periodo de máxima demanda, en el que se presenta los mayores volúmenes de tránsito del día. A este periodo normalmente corresponden los niveles de servicio más bajos, caracterizados por las más altas demoras en las intersecciones y, en general, por las condiciones más críticas de operación del día. **(CAL Y MAYOR & ASOCIADOS, 1998)**

2.2.2. Clasificación de Vías

El sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías; habiéndose considerado los siguientes criterios:

- Funcionamiento de la red vial



- Tipo de tráfico que soporta
- Uso del suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales)
- Espaciamiento (considerando a la red vial en su conjunto)
- Nivel de servicio y desempeño operacional
- Características físicas
- Compatibilidad con sistemas de clasificación vigentes.

La clasificación adoptada considera cuatro categorías principales: Vías expresas, arteriales, colectoras y locales. Se ha previsto también una categoría adicional denominada “vías especiales” en la que se consideran incluidas aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

La clasificación de una vía, al estar vinculada a su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica de por sí el establecimiento de parámetros relevantes para el diseño como son:

- Velocidad de diseño
- Características básicas del flujo que transitara por ellas
- Control de accesos y relaciones con otras vías
- Número de carriles
- Servicio a la propiedad adyacente
- Compatibilidad con el transporte público
- Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías.

(CAL Y MAYOR & ASOCIADOS)

2.2.2.1 Vías expresas

Función: Las vías expresas establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad.

Facilitan una movilidad óptima para el tráfico directo. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones. Este tipo de vías también han sido llamadas “autopistas”.

Características del flujo: En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino solamente a diferentes niveles en intercambios especialmente diseñados.

Tipos de vehículos: Las vías expresas suelen transportar vehículos pesados, cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente. Para el transporte público de pasajeros se permite el servicio de buses, preferentemente en carriles segregados y el empleo de paraderos debidamente diseñados en los intercambios.

(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

2.2.2.2 Vías arteriales:

Función: Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.

Características del flujo: En estas vías deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones. Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo.

En las intersecciones pueden diseñarse carriles adicionales para volteos con el fin de aumentar su capacidad.

Tipos de vehículos: Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados

Se recomienda que estas vías cuenten con pistas de servicio laterales para el acceso a las propiedades. **(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)**

2.2.2.3 Vías colectoras:

Función: Se encargan de recoger y distribuir el tráfico proveniente de o con destino a las vías locales. Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

Características del flujo: El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y, con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes.

Tipos de vehículos: Las vías colectoras son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de buses se podrá diseñar paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.

(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)



2.2.2.4 Vías locales

Función: Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Tipos de vehículos: Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

2.2.2.5 Vías de diseño especial

Son todas aquellas cuyas características no se ajustan a la clasificación establecida anteriormente.

Se puede mencionar, sin carácter restrictivo los siguientes tipos:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote
- Pasajes peatonales
- Malecones
- Paseos
- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas
- Vías en túnel que no se adecuan a la clasificación principal

(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

En el siguiente Cuadro se presenta resumidamente las categorías principales y los parámetros de diseño antes mencionados.

Tabla 2 : Parámetros de diseño vinculado a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 180 a 188 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 180 a 188 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 180 a 188 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 180 a 188 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones y/o cruces arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: (Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

2.2.3. Usuarios de la Vía

Antes de abordar cualquier proyecto, es conveniente y muy recomendable recabar la máxima información acerca de sus destinatarios o usuarios finales para de esta forma adecuar aquello que se pretende diseñar a sus necesidades.

En el caso que nos ocupa; el proyecto de carreteras e infraestructuras urbanas el conductor es sin duda alguna el elemento principal de un complejo sistema integrado por personas, vehículos y vías denominado tráfico; no hemos de olvidar la importancia del vehículo, instrumento que actúa como intermediario entre conductor y vía, ni descuidar la interacción de un tercer componente tan sumamente frágil como es el peatón. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

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. De él depende; una vez haya fijado su destino - la elección de uno u otro itinerario para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento. Es necesario realizar una síntesis de estos factores **(Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., 2000)**.

Tabla 3 : Factores que afectan al conductor

Factores que afectan al conductor		
FACTORES INTERNOS	Psicológicos	<ul style="list-style-type: none">- Motivación- Experiencia- Personalidad- Estado de ánimo
	Físicos	<ul style="list-style-type: none">- Vista- Adaptación luminica- Altura del ojo- Otros sentidos
	Psicosomáticos	<ul style="list-style-type: none">- Cansancio- Sexo- Edad
FACTORES EXTERNOS	Tiempo (meteorológico) Uso del suelo Tráfico Características de la vía Estado del firme	

Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

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. Los vehículos que se fabrican en la actualidad están destinados a muy distintos usos, por lo que sus características varían dentro de una amplia gama de formas, tamaños y pesos. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

2.2.3.2.1 Tipos de vehículos

El manual de diseño geométrico de carreteras DG - 2014 clasifican los vehículos en vehículos ligeros y pesados:

2.2.3.2.1.1 Vehículos ligeros

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías:



- **L** : (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas)
- **M 1** : (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Características

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las Dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- **Ancho:** 2,10 m.
- **Largo:** 5,80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables les en cuanto a visibilidad.

h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.

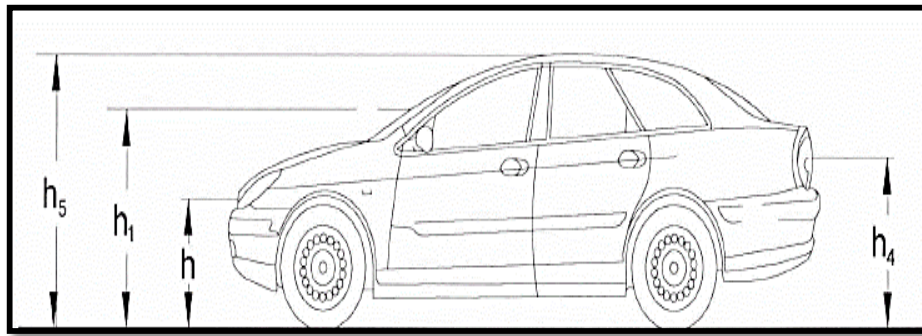
h₁: altura de los ojos del conductor: 1,07 m.

h₂: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.

h₄: altura de las luces traseras de un automóvil 0 menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.

h₅: altura del techo de un automóvil: 1,30 m

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

Figura 4 : Alturas asociados a vehículos ligeros

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

2.2.3.2.1.2 Vehículos pesados

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías:

- **M:** vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de Pasajeros, (excepto el MI).
- **N:** vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercancías
- **O:** remolques y semirremolques
- **S:** combinaciones especiales de los M, N V 0

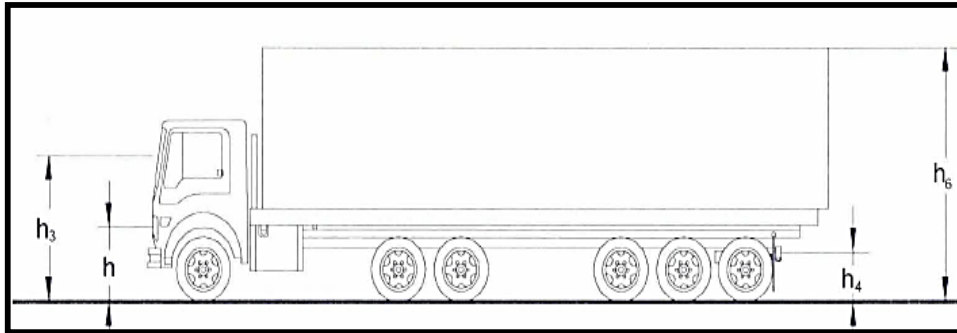
Características

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h** : altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h₃** : altura de ojos de un conductor de camión 0 bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.

- h_4 : altura de las luces traseras de un automóvil 0 menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_6 : altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m

Figura 5 : Alturas asociadas a vehículos pesados



Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

En la siguiente tabla se consideran datos básicos de los vehículos

Tabla 4 : Datos básicos de vehículos

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

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 cabe aún más impredecible que el de los vehículos ya que, salvo que perciba situaciones de evidente peligro, el peatón.

Se ha comprobado estadísticamente que la máxima distancia admitida por el Peatón para desplazarse sin usar ninguna clase de vehículo es de 300 m., dato a tener en cuenta en el proyecto de infraestructuras propias para su uso. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

2.2.4. Intersecciones Viales

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.

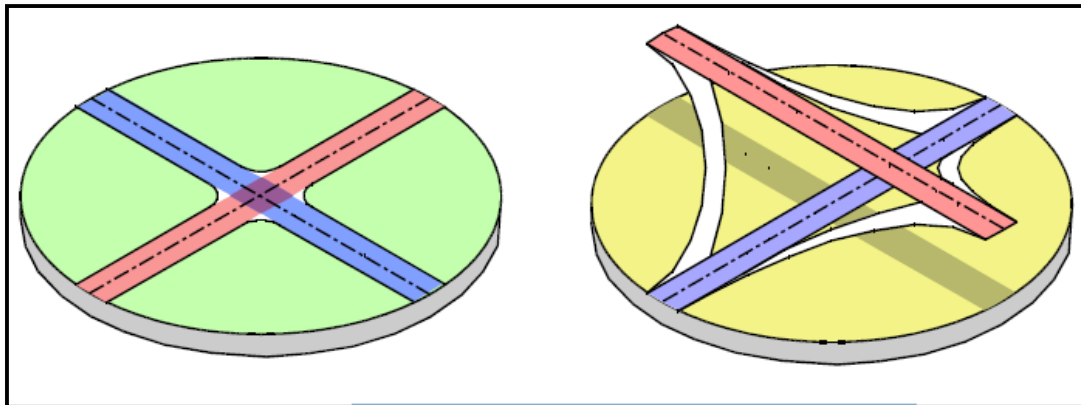
Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia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

2.2.4.1 Tipos de Intersecciones Viales

Existen 2 tipos fundamentales de solución a estos problemas que es la intersección a nivel e intersección a desnivel (enlace).

La diferencia radica en que en las intersecciones el cruce se realiza a nivel, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto; en el enlace el cruce se realiza a distinto nivel, interceptándose en este caso en las proyecciones horizontales de los ejes. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

Figura 6 : Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.4.1.1 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. Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles. **(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)**

2.2.4.1.1.1 Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:



A. Criterios generales

Preferencia de los movimientos más importantes. En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

Reducción de las áreas de conflicto. En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

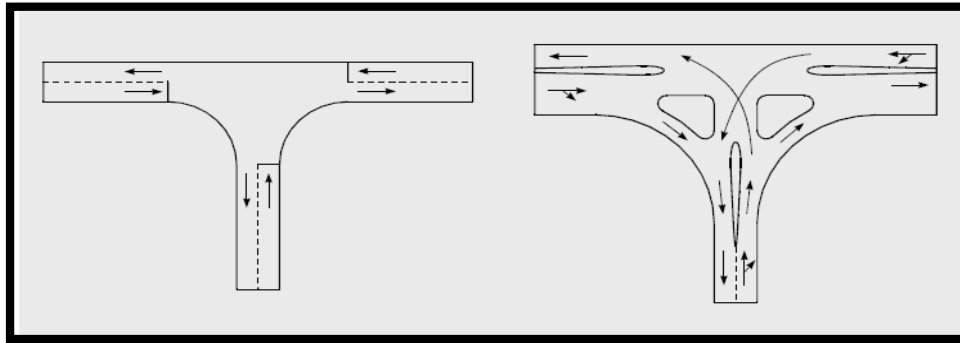
Perpendicularidad de las intersecciones. Las Intersecciones en Angulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

Separación de los movimientos. Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o Deceleración), para la separación del movimiento vehicular.

Visibilidad. La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe Limitarse en función de la visibilidad, incluso Llegando a la detención total. Tipos de intersecciones a nivel.

Canalización y puntos de giro. Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel.

(Manual de Carreteras Diseño geometrico DG - 2014,)

Figura 7 : Intersección sin canalizar y canalizada

Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

B. Consideraciones del tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.

La composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.

Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito.

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

C. Demanda y modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe, y su coordinación.

La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

D. Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinará el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de Control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal,

El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

2.2.4.1.1.2 Elementos canalizadores y reguladores

Existen una serie de elementos que regulan y canalizan el acceso y la circulación en una intersección. Entre los existentes, destacan dos de ellos: isletas o elementos canalizadores, y semáforos o elementos reguladores.

A. Isletas

Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual refugio a los peatones. Su materialización puede realizarse de dos formas:

Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento; esta solución es la más económica, pero no supone ningún tipo de barrera para los vehículos, que pueden invadirla con total libertad.

Mediante elevaciones de la superficie, conformando verdaderas “islas” rodeadas de asfalto. Esta elevación supone un obstáculo para el tráfico rodado

canalizándolo adecuadamente al no permitir fácilmente su invasión, y sirviendo además de refugio a peatones que eventualmente crucen la vía.

Funcionalmente, existen tres tipos de isletas:

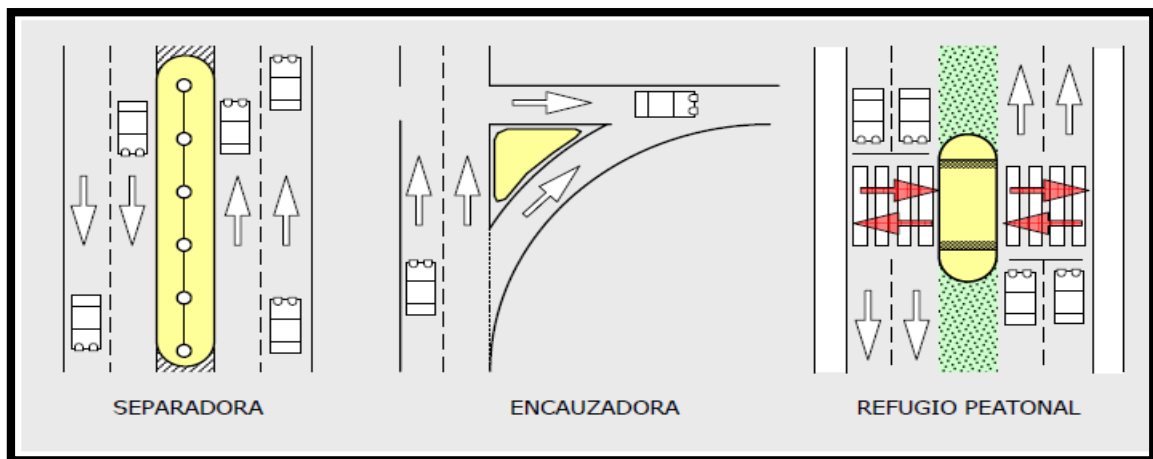
Isletas separadoras o divisorias: Destinadas a separar sentidos iguales u opuestos de circulación. Facilitan y ordenan los giros principales.

Isletas de encauzamiento: Su principal misión es controlar y dirigir las distintas trayectorias que los vehículos pueden realizar en la intersección. También se utilizan para delimitar superficies en las que debe impedirse la circulación.

Refugios: Infraestructuras destinadas al resguardo de los peatones, empleadas normalmente por razones de seguridad en tramos excesivamente anchos de vía. Su ancho mínimo debe ser de 1 m. y su longitud, al menos el doble de la anchura del paso de peatones.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 8 : Tipos de isletas



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

B. Semáforos

Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas, aunque su uso puede llegar a hacerse necesario en carreteras, especialmente intersecciones próximas núcleos de población. En cada uno de

los accesos a la intersección se coloca al menos un semáforo, en cuya cabeza aparecen tres luces: roja, ámbar y verde que se encienden sucesiva y ordenadamente. Se definen dos conceptos consustanciales a las intersecciones semaforizadas. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

2.2.4.1.1.3 Tipología de intersecciones a nivel

Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la siguiente tabla, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel. **(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)**

A. Intersecciones según su composición:

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

Figura 9 : Tipos de intersecciones a nivel

Variedad de tipos de intersección a nivel

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

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

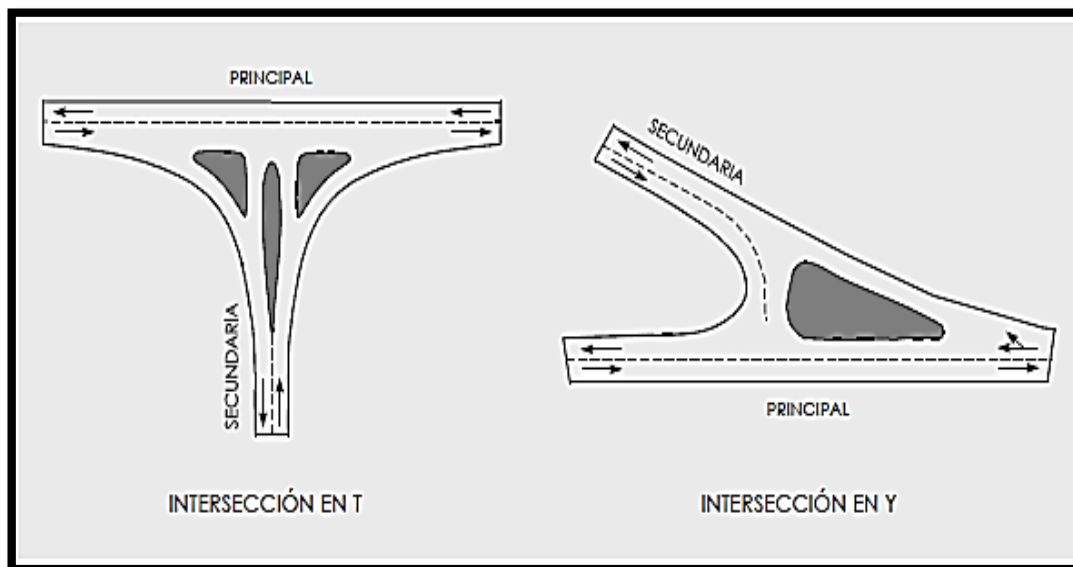
I. Intersecciones de 3 ramales

Este tipo de intersecciones se emplean para la resolución de encuentros entre carreteras principales y secundarias, quedando estas últimas absorbidas por las primeras. Por su disposición geométrica en planta, se diferencian claramente dos tipos:

Intersecciones en T: Los ramales concurren formando ángulos mayores de 60° , es decir, con direcciones sensiblemente perpendiculares.

Intersecciones en Y: Al menos uno de los ángulos formados entre los ramales es menor de 60° .

Figura 10 : Intersecciones de tres ramales



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

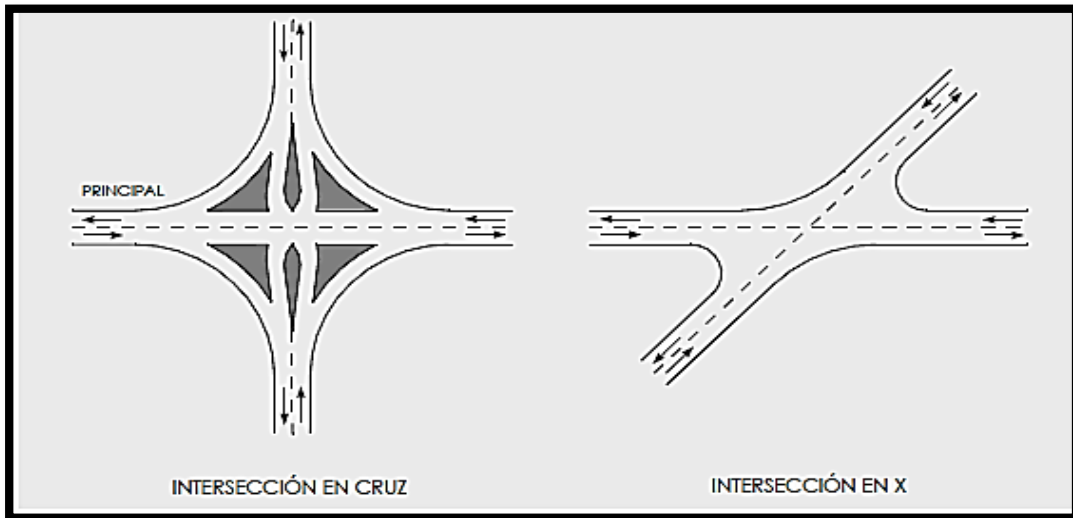
II. Intersecciones de 4 ramales

En ellas se produce un cruce de dos vías cuatro ramales en total, generalmente de rango similar. Al igual que en las anteriores, se distinguen dos tipos:

Intersecciones en cruz: Los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de 60° , con direcciones sensiblemente perpendiculares.

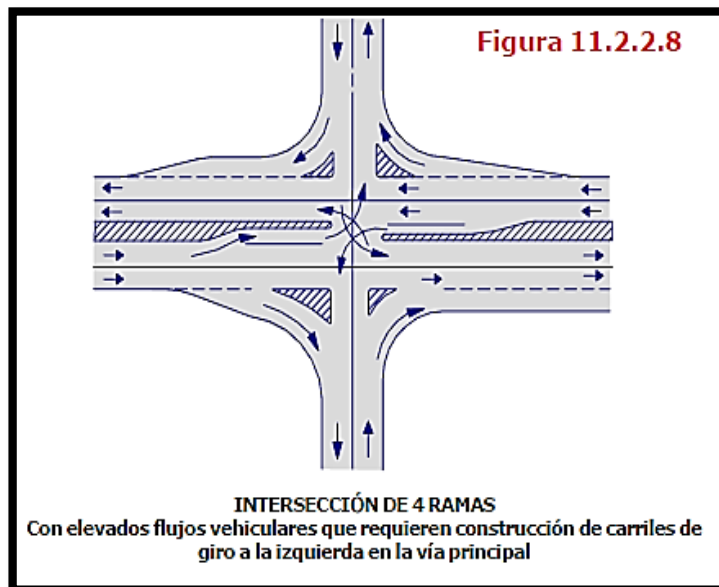
Intersecciones en X: Los ramales forman dos ángulos menores de 60° .

Figura 11 : Intersecciones de cuatro ramales



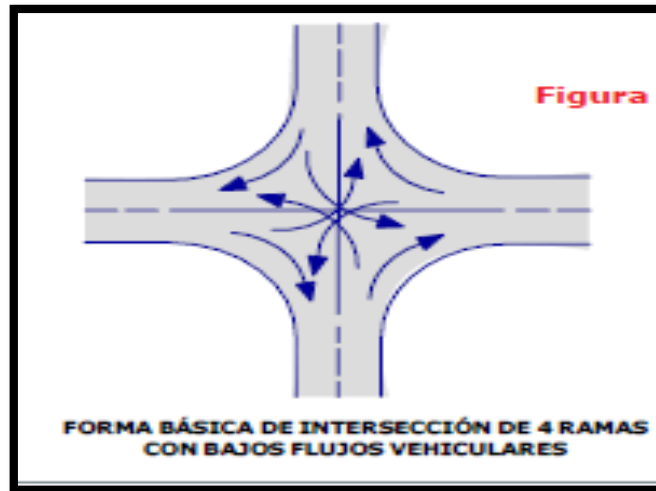
Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 12 : Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares



Fuente: (Ing. Victor Chavez Loiza, 2005)

Figura 13 : Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare



Fuente: (Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

III. Intersecciones con más de 4 ramales

Este tipo de intersecciones es difícil de tratar, por lo que es conveniente evitarlas en la medida de lo posible. Generalmente, la solución ideal es suprimir alguno de los ramales, empalmándolo fuera de la intersección. Otras veces, sin embargo, esto no es posible y hay que llegar a complejas soluciones o de tipo giratorio. En zonas urbanas, el establecimiento del sentido único en determinados ramales simplifica el funcionamiento de la intersección.

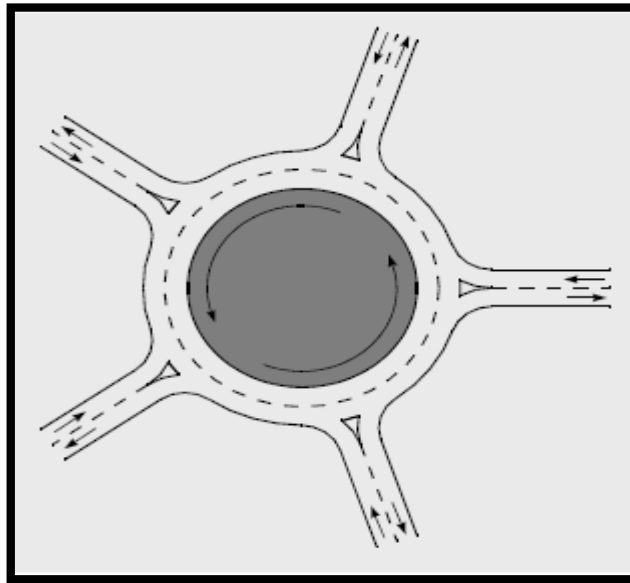
(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

IV. Intersecciones Giratorias o Rotonda

La rotonda o intersección giratoria se caracteriza por la confluencia de los ramales en un anillo de circulación rotatoria en sentido anti horario alrededor de

Una isleta central, teniendo prioridad de paso aquellos vehículos que circulan por ella. Este tipo de intersección surge como un intento de remediar los incipientes problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

Figura 14 : Esquema de una intersección giratoria o glorieta



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.4.1.1.3.1 Intersección semaforizada

La intersección regulada por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio. El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe considerar una amplia variedad de condiciones prevaecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. En las intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad: la distribución del tiempo.

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

La metodología presentada se aplica a la capacidad y al nivel del servicio de los accesos a la intersección. La capacidad se evalúa en términos de la relación entre intensidad de la demanda y la capacidad (relación I/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (seg/v). **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

I. Semáforos

Los semáforos modernos otorgan el tiempo de muchas maneras, desde la modalidad más sencilla de tiempos prefijados (tiempo fijo) y dos fases hasta la más compleja de tipo multifase. Esta sección describe los varios tipos de operación semafórica y su impacto en la capacidad.

Generalmente se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semafóricas:

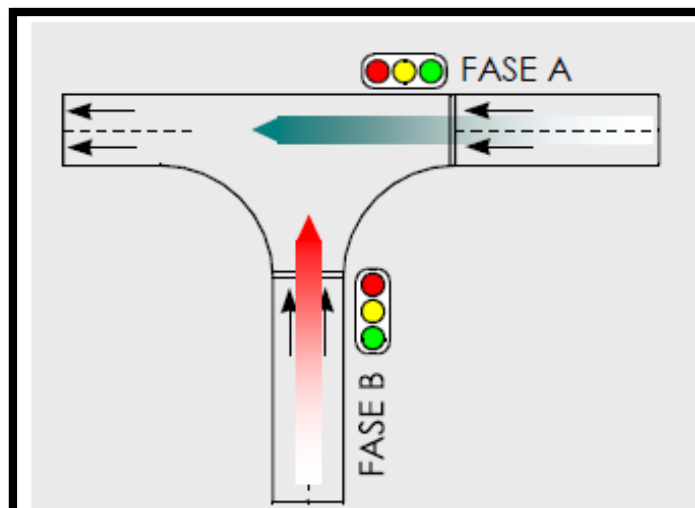
Ciclo: Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.

Duración del ciclo: El tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos, se representa con el símbolo C.

Fase: La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

Figura 15 : Esquema de fase en una intersección semaforizada



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)



Intervalo: Un periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes.

Tiempo de cambio. Los intervalos “amarillo ” mas el “todo rojo ” que tienn lugar entre las fases para permitir evacuar la interseccion antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha :se preprnta con el simbolo **Y** y se mide en segundos.

Tiempo de verde: El tiempo, dentro de una fase dada, durante la cual la indicación “verde” está a la vista: expresado con el símbolo G_i (para la fase i) y en segundos.

Tiempo perdido: El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento; estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio (durante el cual la intersección se evacua) y al principio de cada fase cuando los primeros coches de la cola sufren retrasos en el arranque.

Tiempo de verde efectivo: El tiempo durante una fase dada que es efectivamente disponible para los movimientos permitidos, generalmente se considera como el tiempo verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido para la fase en cuestión; expresada en segundos.

Proporción de verde: La proporción de verde efectivo en relación a la duración del ciclo, notada con el símbolo g_i/C (para la fase i).

Rojo efectivo: El tiempo durante el cual no se permite la circulación a un movimiento dado o conjunto de movimientos; es la duración del ciclo menos el tiempo verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos.

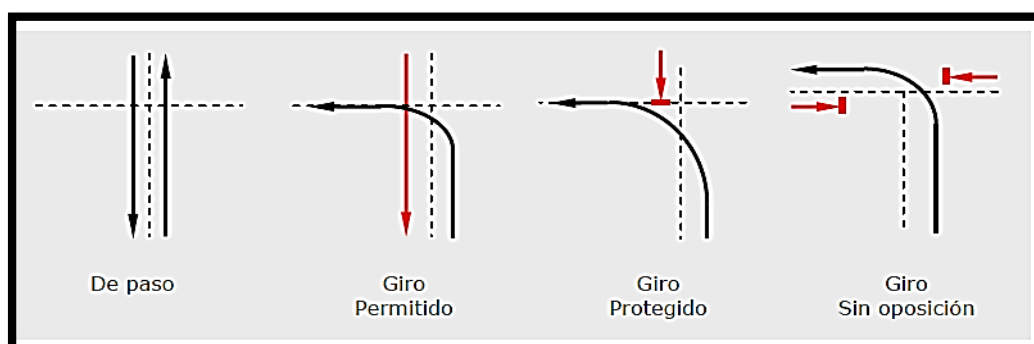
(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

II. Tipos de movimiento

En una intersección regulada por semáforos la asignación del tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad; también debe tenerse en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Pueden distinguirse cuatro tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro sin oposición.

- **De paso:** El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.
- **Giro permitido:** El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde.
- **Giro protegido:** En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.
- **Giro sin oposición:** A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

Figura 16: Tipos de movimientos en una intersección



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)



III. Modalidades básicas de operación

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

Operación prefijada o de tiempos fijos:

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

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

Operación semi accionada por el tráfico

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

Operación totalmente accionada

En la operación totalmente accionada todas las fases semaforicas están controladas por detectores. En general los tiempos de verde mínimos y máximos están especificados para cada fase así como la secuencia de fases. En esta forma de operación las duraciones del ciclo y los tiempo de verde pueden variar considerablemente según la demanda. Ciertas fases de ciclo pueden ser opcionales y pueden ser anuladas totalmente si los detectores registran demanda.

(Highway Capacity Manual (HCM), 2000)

2.2.4.1.1.3.2 Intersecciones no semaforizadas

En intersecciones no semaforizadas cada conductor debe encontrar el momento preciso y seguro para ejecutar el movimiento deseado. Los cruces sin señales de control de tránsito, mejor conocidas como semáforos; dependen de la percepción de tiempo y espacio del usuario, ya que estos deben tomar una decisión con respecto a cuándo hacer el movimiento (tiempo) y decidir si es seguro hacerlo (espacio).

El conjunto de las rutas no previstas y la percepción del usuario resultan en zonas potenciales de puntos de conflicto con otros movimientos direccionales ampliamente distribuidas, lo cual afecta la probabilidad de que ocurran conflictos graves. **(Depiante V. &(2011))**

Primeramente, debe decirse que este tipo de intersecciones no es propio de zonas urbanas, sino más bien de vías interurbanas o situadas en la periferia de la ciudad. Otro aspecto a recalcar es la elección de la tipología de intersección más adecuada en función de las condiciones de tráfico.

2.2.4.1.2 Intersecciones a Desnivel

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

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

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

2.2.4.1.2.1 Justificación de Intersección a Desnivel:

Existen una serie de criterios o factores que justifican la construcción de intersecciones a desnivel en lugar de cualquier otro tipo de intersección a nivel. Estos criterios se agrupan en cuatro grupos fundamentales:

- **Funcionalidad:** Las características de determinadas vías como autopistas, autovías y vías rápidas, pueden exigir la ausencia de intersecciones a nivel con otras vías. Los enlaces son obligatorios en vías con una $IMD > 5000$.
- **Capacidad:** Los enlaces se constituyen como las soluciones que, en la mayoría de los casos, proporcionan la máxima capacidad al mínimo coste, manteniendo un buen nivel de seguridad.
- **Seguridad:** La peligrosidad de determinados tramos pueden hacer necesario el proyecto de un enlace en detrimento de cualquier otra solución, al ser infraestructuras más seguras, impidiendo cierto tipo de accidentes, como los choques frontales o de costado.
- **Rentabilidad:** El enlace es una obra económicamente más costosa que cualquier otro tipo de intersección, aunque a largo plazo dicha inversión puede rentabilizarse con creces, siempre y cuando reduzcan la accidentabilidad y mejoren la fluidez del tráfico.

(Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.4.1.2.2 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel

La clasificación y tipo de intersecciones a desnivel son las siguientes:

- **Intercambios de Tres Ramas:** Tipo Trompeta "T", Direccionales en "T" y Direccionales en "Y".
- **Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada:** Tipo Diamante Clásico, Tipo Diamante Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).

- **Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación:** Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas.

(Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

Figura 17: Tipos de intersección a desnivel

DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TRÉBOL COMPLETO	DIAMANTES	TRÉBOL PARCIAL		

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

2.2.4.1.2.2.1 Intercambio de tres ramas:

Se presentan cuando una vía se incorpora a otra, resultando una intersección a desnivel simple en el que no existen movimientos de cruce y sólo dos a la izquierda. Existen múltiples soluciones, empleando una o varias estructuras auxiliares, de entre las cuales destacaremos por su simplicidad y eficacia las siguientes.

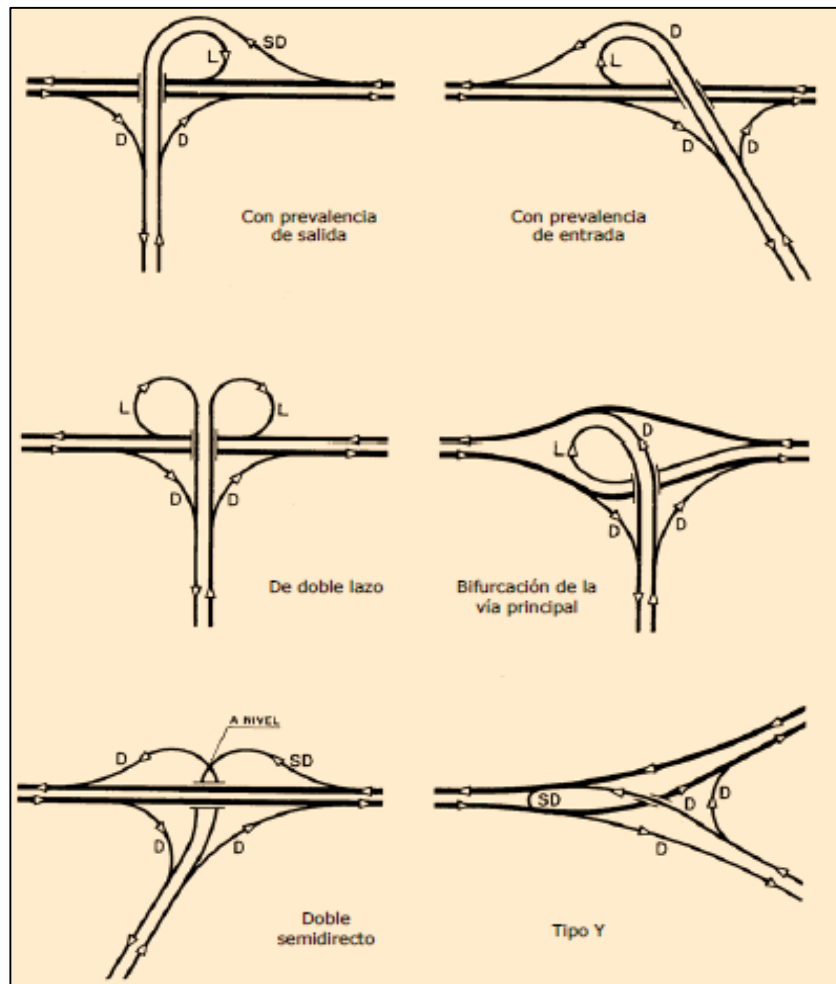
(Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., 2000)

A. Tipo trompeta

Es recomendable en el caso de existir predominancia de uno de los movimientos de entrada o de salida a la vía principal. Además, tiene la ventaja de ocupar relativamente poco espacio. La variedad más empleada consta de un ramal semidirecto para el movimiento a izquierdas con mayor intensidad y un lazo para el movimiento restante, siendo directos los giros a la derecha. Otras variantes cambian el tipo de ramal de enlace según la intensidad de tráfico que deban soportar.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 18 : Intercambio de tres ramas tipo trompeta



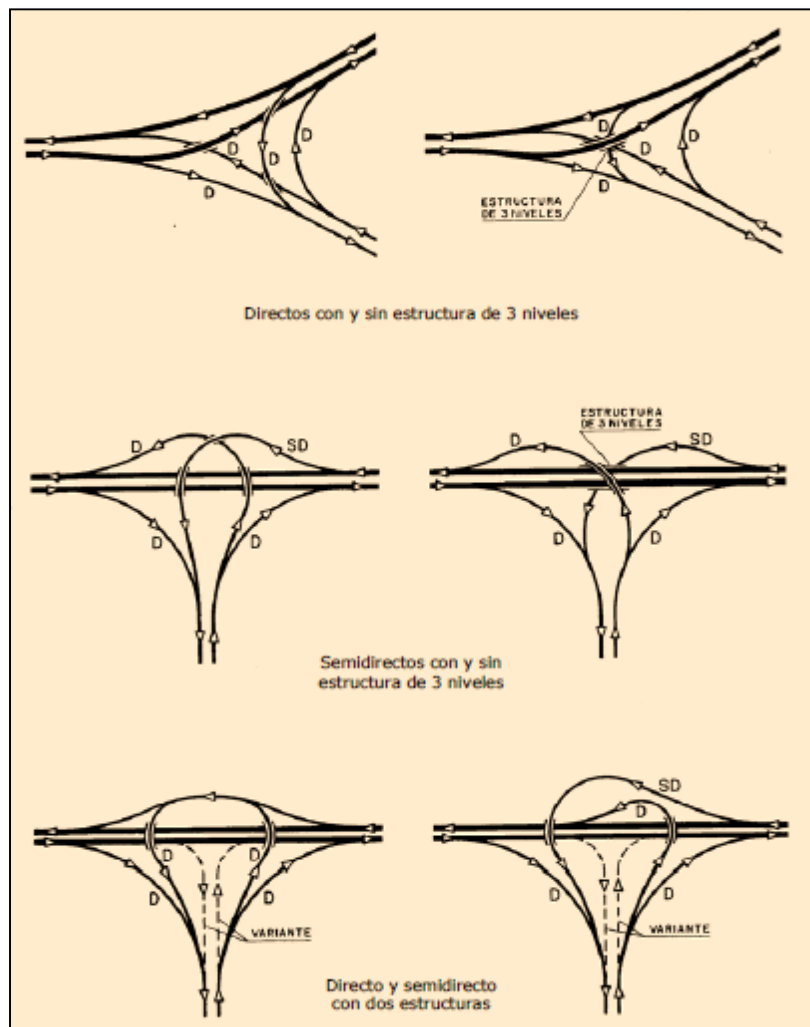
Fuente: (Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., 2000)

B. Tipo T

Se caracterizan por el empleo de más de una estructura, o empleando una de tipo multinivel. Son enlaces más complejos y costosos que los anteriores, y necesitan una mayor superficie de terreno para su construcción.

(Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 19: Intercambio de tres ramas tipo T



Fuente: (Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.4.1.2.2.2 Intercambio de cuatro y más ramas

Un intercambio de cuatro ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, sin perder su continuidad, con detención de algunos flujos de tránsito o libre circulación de todos los flujos.

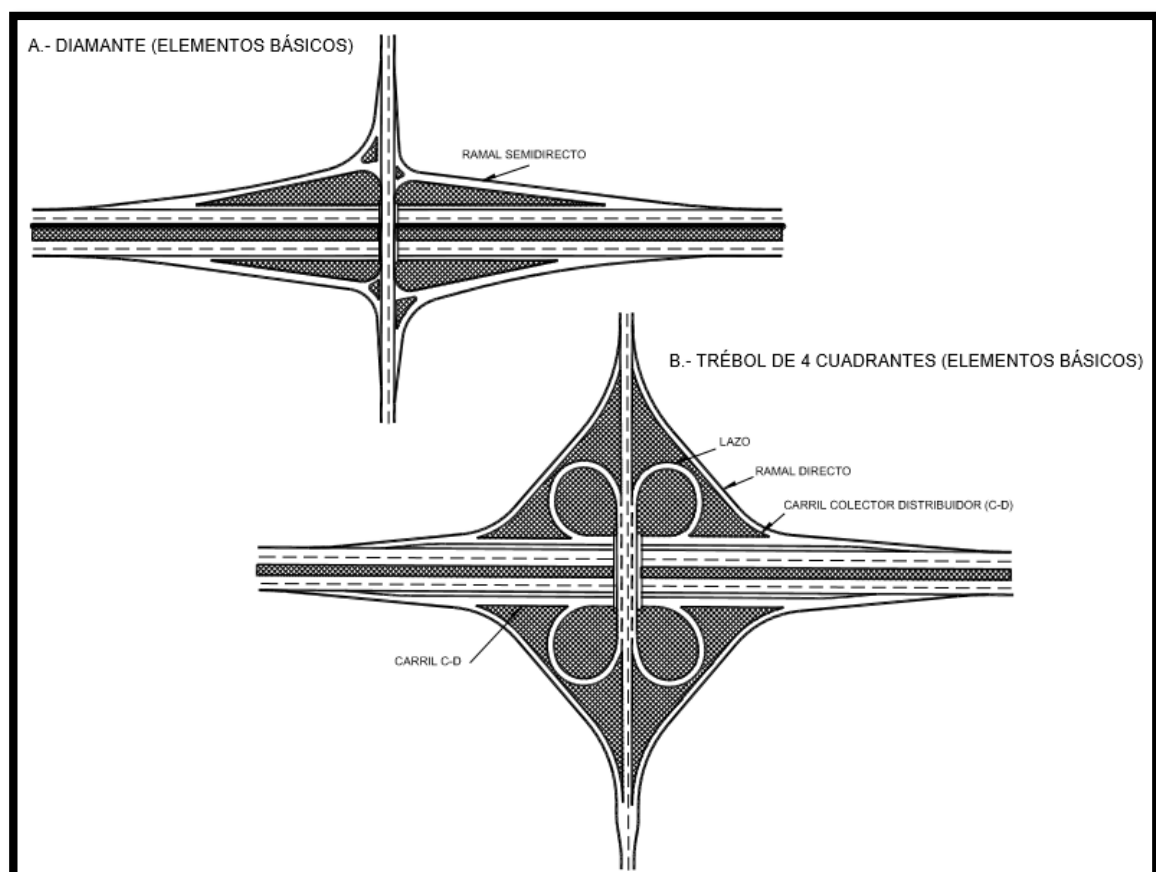
(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

I. Con condición de parada:

Es decir, con intersecciones a nivel en la carretera secundaria. Son adecuados como difusores y enlaces en general.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 20 : elementos básicos de intercambio tipo diamante y trébol



Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

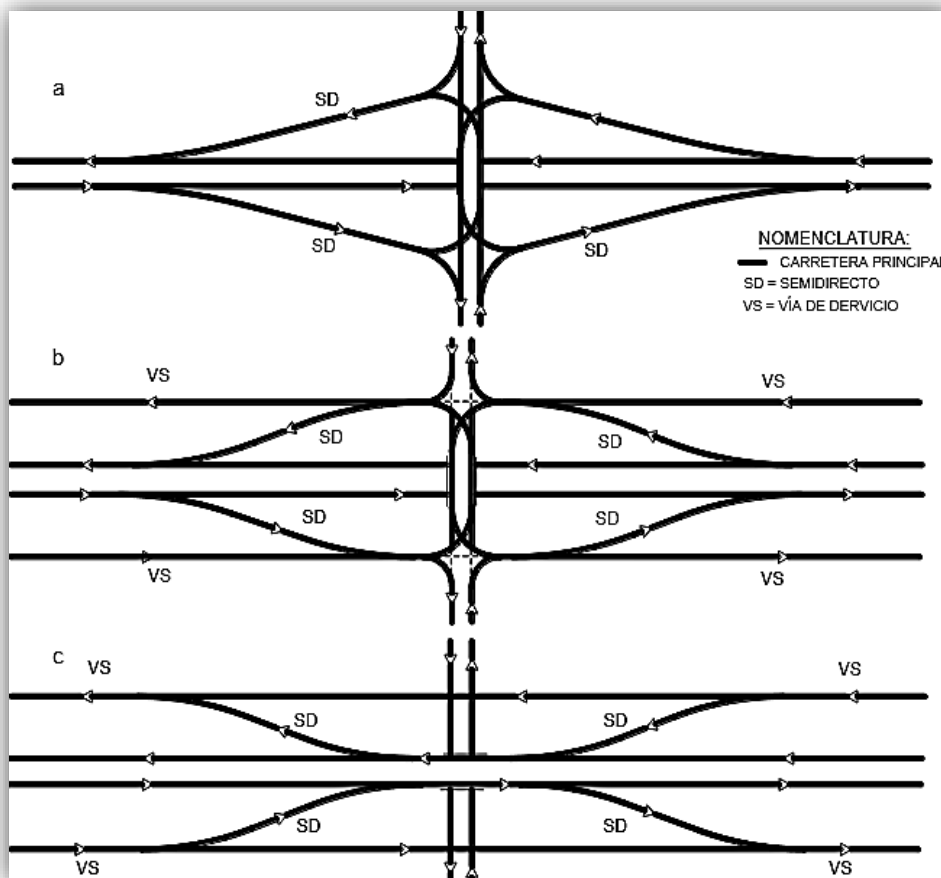
A. Tipo Diamante:

Uno de los tipos más utilizados para resolver a desnivel el cruce de una carretera principal con otra secundaria. En el diamante típico, todos los giros a la izquierda producen intersecciones a nivel en la carretera secundaria por lo que, cuando ésta tiene cierta importancia, las intersecciones se saturan, debiendo adoptarse disposiciones más complejas. Normalmente, es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, ya que de este modo los ramales de enlace son más cortos al ser la pendiente favorable al movimiento del vehículo.

El diamante es un enlace que ocupa poco espacio y relativamente barato, por lo que se emplea en núcleos urbanos y sus cercanías.

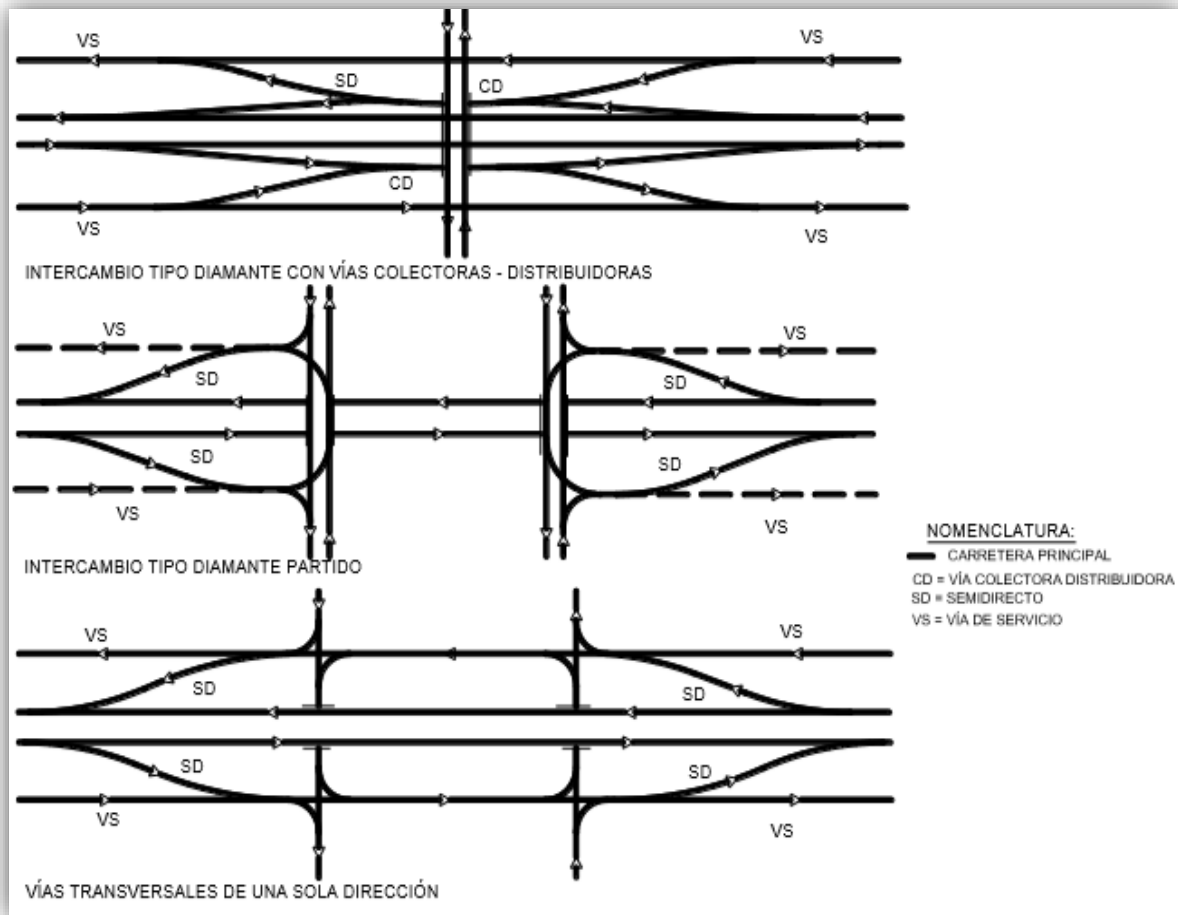
(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 21 :Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 22 : Modificaciones de intercambio de cuatro ramas tipo diamante



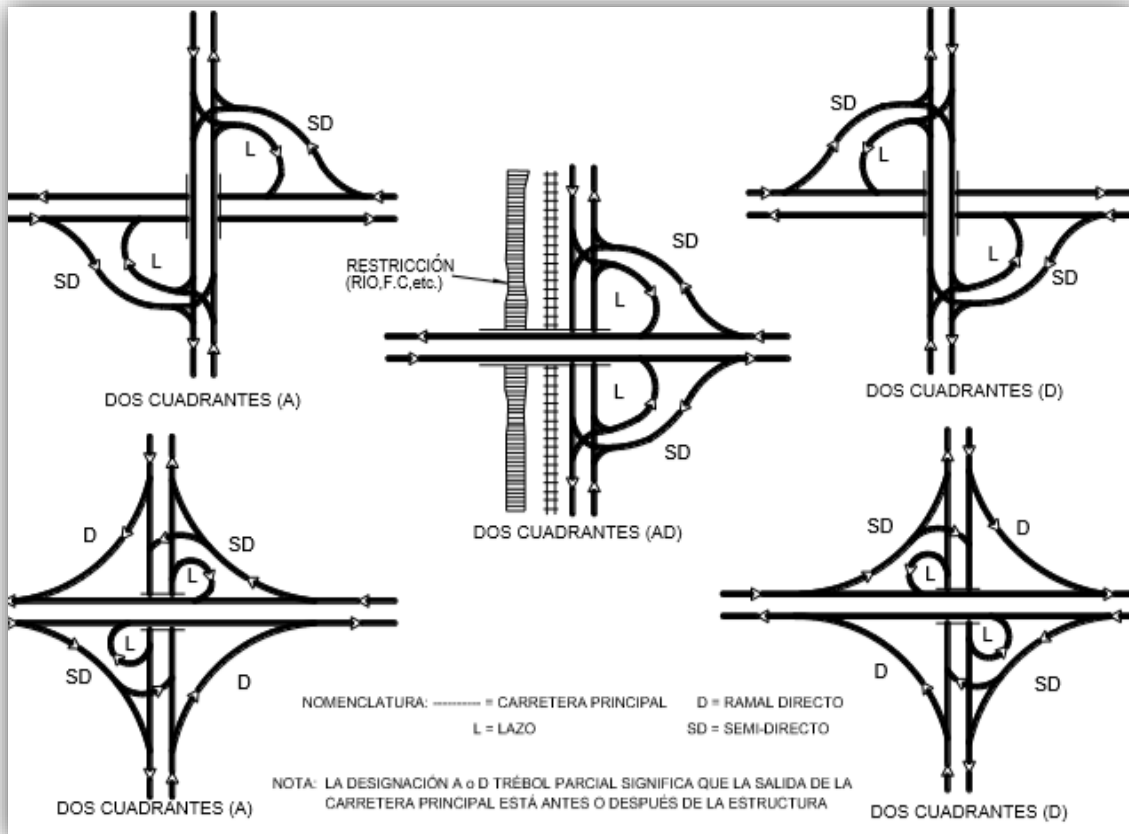
Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

B. Tipo Trébol Parcial:

Es una solución clásica para enlaces en los que, si bien se admiten ciertos movimientos con parada, se mantienen otros giros a la izquierda de forma continua a través de lazos. En general, el trébol parcial es apropiado cuando sólo pueden utilizarse algunos cuadrantes del área de cruce, por existir obstáculos topográficos o urbanísticos en los otros, situación bastante frecuente. Al igual que ocurre con el diamante, existen múltiples variantes de este enlace.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 23 : Intercambios tipo trébol parcial



Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

II. De libre circulación

En el que todos los movimientos se producen sin intersecciones a nivel, condición indispensable en determinadas vías.

A. Trébol:

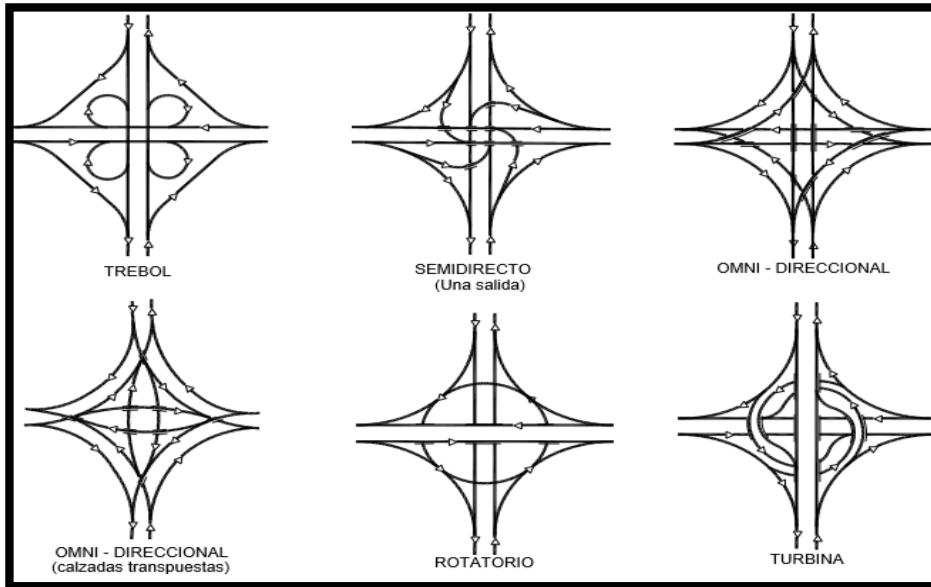
Es el enlace interurbano por excelencia, donde la gran superficie ocupada por este tipo de enlaces no es el mayor de los problemas. La gran ventaja de este enlace es su simplicidad —está compuesto por una única estructura auxiliar—, por lo que es fácilmente interpretable por los conductores.

Denominado de esta manera por su disposición geométrica en planta, realiza los giros a la derecha de forma directa, y emplea lazos para efectuar los giros a la

izquierda. Esto crea ciertos problemas de congestión debajo de la estructura, requiriendo además grandes longitudes de trenzado.

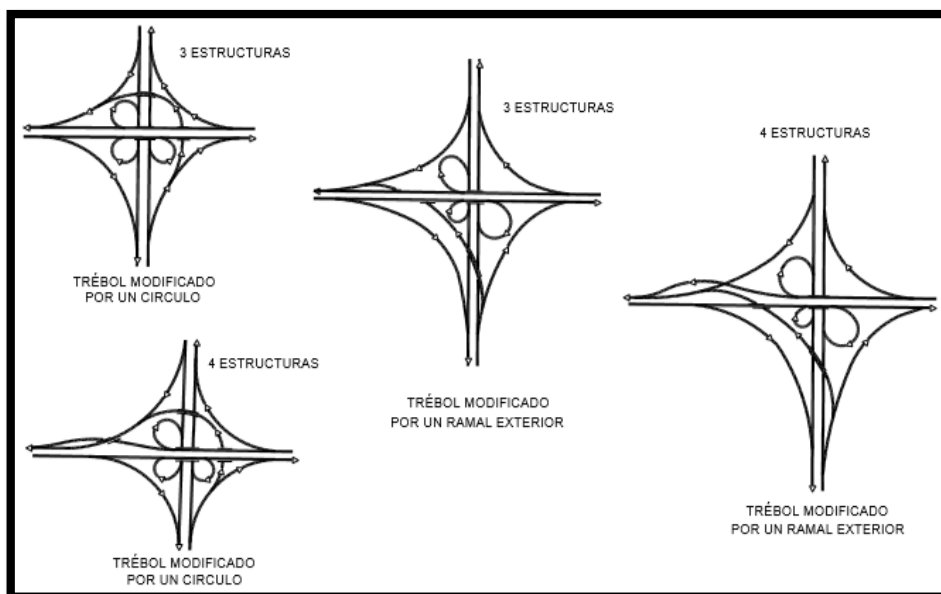
(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 24: Intercambios tipo trébol simétricos de libre circulación



Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geometrico DG - 2014,)

Figura 25 : Intercambios tipo trébol no simétricos de libre circulación

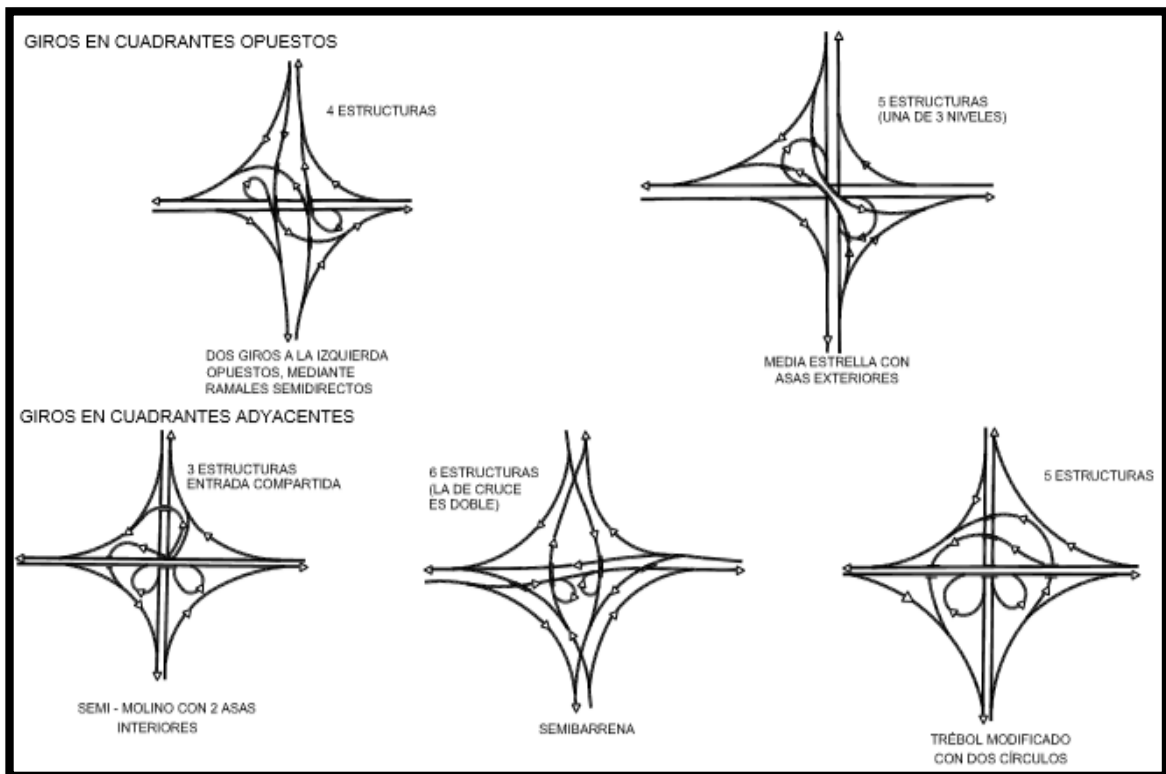


Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geometrico DG - 2014,)

B. Semidireccionales y direccionales:

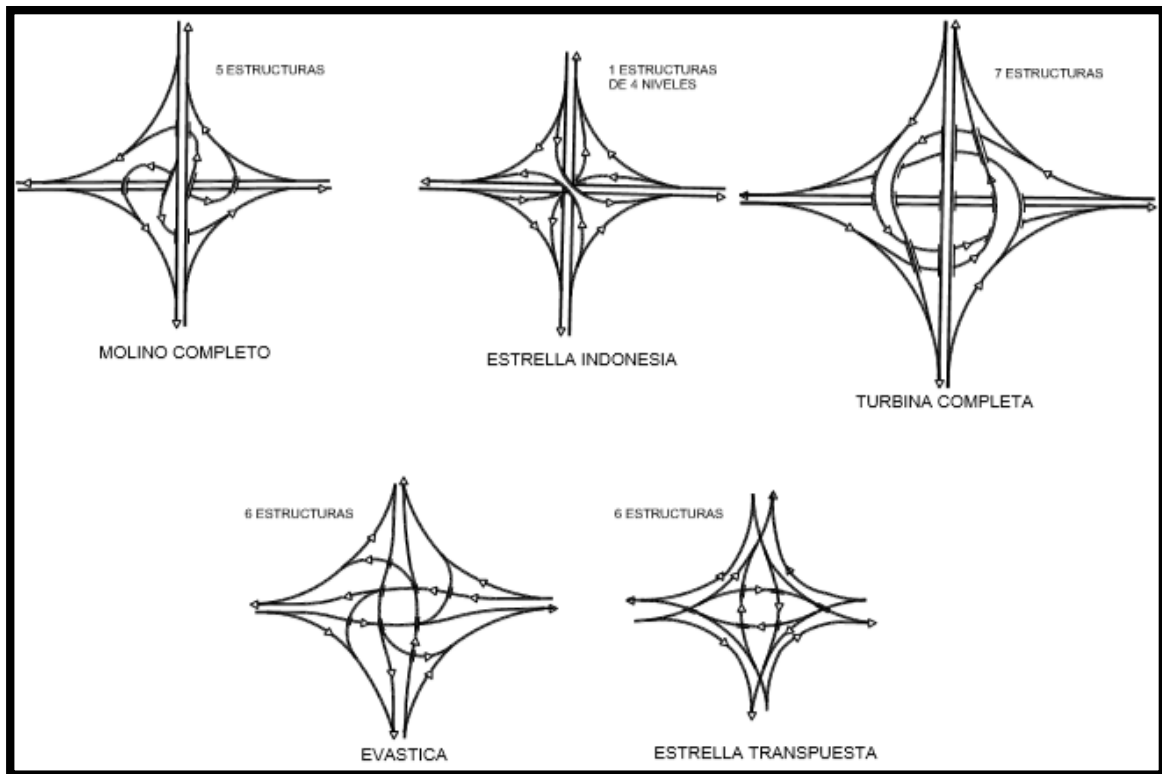
A medida que los giros a la izquierda se sustituyen por ramales directos o semidirectos, el enlace se va complicando y aumenta el número y la importancia de las estructuras. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

Figura 26 : Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos



Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geometrico DG - 2014,)

Figura 27 : Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda



Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)

2.2.4.1.2.3 Criterios generales de diseño

Las Estructuras para la Separación de Niveles

I. El Paso Inferior por las Estructuras de Separación de Niveles

Se afirma que el paso inferior del tránsito principal, presenta la ventaja de ofrecer al conductor la visión inmediata del puente del intercambio y de las entradas y salidas de las diferentes rampas que lo complementan. Esta ventaja se mantiene aun cuando la rasante del puente se identifica con el nivel del terreno donde la topografía es relativamente plana, y la carretera principal se deprime un tanto para acomodar el paso por debajo de la estructura. Otra ventaja adicional la ofrecen las rampas, que lucen más naturales cuando los vehículos que se separan de la corriente principal empiezan a perder velocidad en el ascenso de la rampa y, por el contrario, empiezan a ganar velocidad en el descenso de la



rampa para incorporarse a la corriente principal, haciendo más eficiente el funcionamiento de los carriles de aceleración.

(Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de carreteras, 2011)

II. El Paso Superior por la Cubierta de las Estructuras

El paso superior ofrece, por su parte, las mejores facilidades para el desarrollo del proyecto por etapas, algo que puede ser sumamente atractivo para los países en desarrollo. La construcción de una parte del ancho del puente, en una primera etapa, para luego adicionarle los carriles y la franja divisoria central en los anchos preestablecidos, constituye un buen ejemplo de un desarrollo incremental o por etapas de la solución estructural, que no sacrifica nada de la primera parte de la inversión. Donde una nueva carretera cruza con considerables volúmenes de tránsito una ruta existente, la construcción de un paso superior ocasiona las menores alteraciones al tránsito existente, ya que no exige la construcción o habilitación de desvíos provisionales. Adicionalmente, el cruce de la carretera principal por arriba no tiene limitación alguna para el movimiento de camiones con cargas de dimensiones extraordinarias, a menos que la estructura del puente sea una armadura de acero de paso a través. Finalmente, cabe destacar que el paso superior del tránsito principal es más favorable para el tratamiento apropiado del drenaje superficial en el área del intercambio. **(Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de carreteras, 2011)**

III. Ancho de las Estructuras de Separación de Niveles en los Intercambios

La recomendación más general en lo que se refiere al ancho de la sección transversal del puente o los puentes de un intercambio, es que esta sección debe ser igual al ancho de la corona de la carretera en sus accesos al puente o los puentes, particularmente si se trata de una autopista, para que transmita al conductor la confortable sensación de amplitud y seguridad que requiere en sus operaciones. En contraste, la sensación de estrechamiento que producen los postes, los pasillos, las columnas de los puentes, los parapetos y los pasamanos

de las estructuras, induce al conductor a separarse de esos obstáculos fijos e invadir los carriles contiguos, a riesgo de su seguridad y la de los demás. **(Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geometrico de carreteras, 2011)**

IV. Medianas

Para puentes entre 30 y 120 metros de longitud, los volúmenes de tránsito, las velocidades, las distancias de visibilidad, la necesidad de postes para el alumbrado público, la sección transversal de los accesos, etc., determinarán si se requieren o no las medianas. En puentes de más de 120 metros, se justifica la construcción de medianas delimitadas por bordillos. **(Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geometrico de carreteras, 2011)**

V. Altura Libre del Paso Inferior

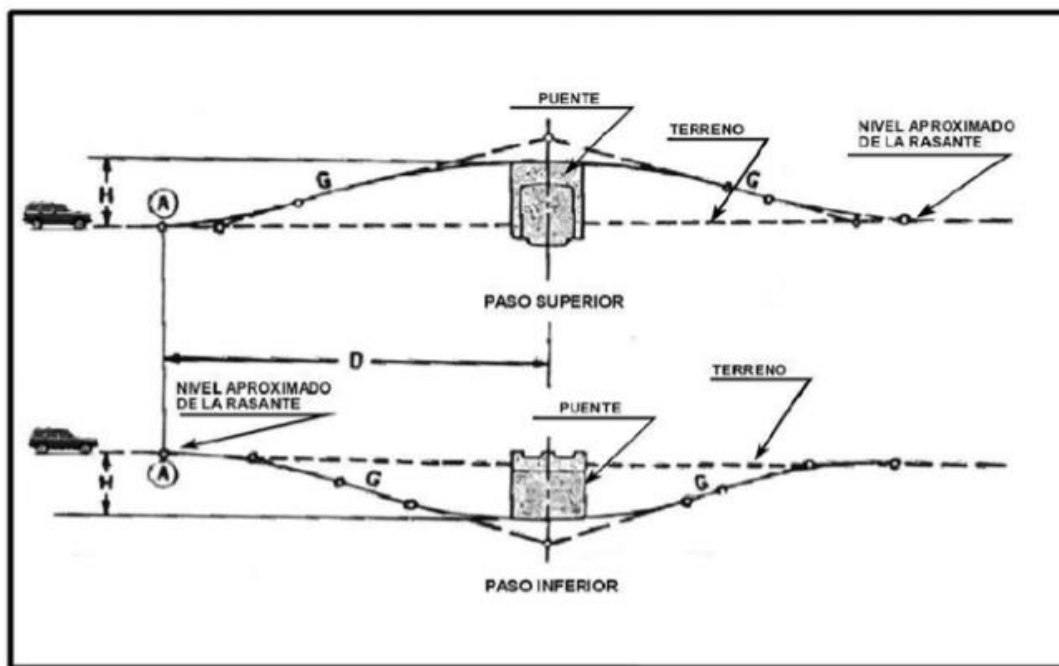
Conviene recordar que la mayor altura del vehículo de diseño es de 4.10 metros, aunque algunos Estados norteamericanos admiten que los vehículos cargados alcancen alturas hasta de 4.40 metros. Si se toma en cuenta que debe haber una altura libre entre el vehículo cargado y la cara inferior de la estructura de soporte del puente de por lo menos 0.30 metros, al adicionara los datos anteriores la pérdida de altura por los trabajos de revestimiento periódico de la carretera, se tiene que la altura libre deseable del nivel de la rasante a la cara inferior de la estructura es de 5.50 metros y de 4.80 metros el mínimo recomendable bajo ciertas condiciones. **(Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geometrico de carreteras, 2011)**

VI. Distancia Horizontal para efectuar la Separación de Niveles

La distancia mínima requerida, D , para efectuar la separación de niveles depende de la velocidad de diseño, de la pendiente longitudinal de la carretera y de la altura de subida o bajada, H , necesaria para la separación de niveles. La *Figura 28* muestra la distancia requerida en terreno plano, que puede utilizarse como guía para el diseño preliminar de soluciones con pendientes y rasantes diferentes, según la conformación del terreno.

La distancia requerida, para un diseño preliminar, puede determinarse de la tabla N° 5 para pendientes comprendidas entre 2 y 7 por ciento y para velocidades de 80 a 110 kilómetros por hora, aplicables a autopistas, y velocidades hasta de 50 kilómetros por hora para carreteras menores. Los valores se han derivado para condiciones similares de pendientes de ambos lados de la estructura, pudiendo interpolarse o extrapolarse dichos valores. Los valores de D , expresados en metros, son válidos igualmente para situaciones de pendientes desiguales. Pendientes mayores de 3, 4, 5 y 6 por ciento, no deben usarse con velocidades de 110, 100, 80 y 60 kilómetros por hora respectivamente, cuando la separación de niveles sea de 7.50 metros o menos. **(Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de carreteras, 2011)**

Figura 28 : Altura libre H requerida en terreno plano para paso superior e inferior



Fuente: (Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de carreteras, 2011)

Tabla 5 : Distancias mínimas para separación de niveles en estructuras por arriba o por debajo

Velocidad, km/h y Pendiente		Valores de H ^{**} , metros			
VELOCIDAD	PENDIENTE	4	6	8	10
50	5%	130	170	210	250
50	7%	-	160	180	210
60	4%	160	210	260	310
60	6%	-	190	220	250
80	3%	220	290	350	420
80	5%	-	-	300	340
100	2%	330	400	460	530
110	3%	-	350	410	480

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004, pp. 768

Fuente: (Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geometrico de carreteras, 2011)

VII. Perfil Longitudinal y Pendientes Recomendables en la Rampa

Con terminales apropiadas, las pendientes cortas de ascenso de 7 y 8 por ciento, permiten las operaciones de los vehículos livianos sin afectar su velocidad ni su seguridad. Por otra parte, las pendientes de 5 por ciento, en tanto sean aplicadas en cortas distancias de ascenso, no interfieren con las operaciones de los camiones y otros vehículos pesados. En las rampas de descenso, las pendientes hasta de 8 por ciento no afectan las operaciones de los vehículos livianos, sin embargo, para no afectar a los camiones y otros vehículos pesados usuales en la corriente del tránsito, se recomienda que las rampas de descenso sean limitadas a 3 y 4 por ciento de pendiente. (Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geometrico de carreteras, 2011)

2.2.5. Dispositivos para el Control del Tránsito

Se denomina dispositivos para el control de tránsito a las señales de tránsito, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se coloca sobre o adyacente a las calles y carreteras encargados por la autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de la misma.

La implementación de los dispositivos de control del tránsito, se realizará de acuerdo a los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía, el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2014 vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes. **(Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)**

2.2.5.1 Clasificación de dispositivos de control

Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (preventivas), las limitaciones (reguladoras) y las informaciones (informativas). Los dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras se clasifican en:

2.2.5.1.1 Señales verticales

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos establecidos en este Manual.

Su implementación será de acuerdo al estudio de ingeniería vial anteriormente citado debiendo evitarse, por ejemplo, el uso excesivo de señales verticales en un tramo corto puesto que puede ocasionar contaminación visual y pérdida de su efectividad. Asimismo, es importante el uso frecuente de señales informativas de identificación y destino, a fin de que los usuarios de la vía conozcan oportunamente su ubicación y destino. **(Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)**

Clasificación de señales verticales:

- **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.

- **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.

- **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.

(Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

2.2.5.1.2 Señales horizontales

Está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones.

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial. **(Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)**

2.2.6. Volumen de Tránsito Horario:

Con base en la hora seleccionada se define los siguientes volúmenes de tránsito horario, dado en vehículos por hora.

2.2.6.1 Volumen horario de máxima demanda:

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los

períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular. **(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)**

2.2.6.2 Volumen Horario de Proyecto

Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. **(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)**

2.2.7. Velocidad en General

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h).

Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v = Velocidad constante (Kilómetro por hora)

d = Distancia recorrida (kilómetros)

t = Tiempo de recorrido (horas)

(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

2.2.7.1 Velocidad a flujo libre

La velocidad de flujo libre es la velocidad promedio de los vehículos en una carretera dada, medida bajo condiciones de un volumen bajo, cuando los conductores tienden a conducir a una velocidad alta sin restricciones de demoras. **(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)**

2.2.8. Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas

La capacidad de intersecciones es definida para cada grupo de carriles. La capacidad del grupo de carriles es la máxima tasa de flujo para el grupo de carriles objeto que puede pasar a través de la intersección bajo el tráfico prevaleciente, la vía y las condiciones de semaforización. La tasa de flujo es generalmente medida o proyectada para periodos de 15 minutos, y la capacidad es establecida en vehículos por hora (vph).

- A. Condiciones de tráfico.** Las condiciones de tráfico incluyen los volúmenes en cada aproximación, la distribución de vehículos por movimiento (izquierdo, de frente, derecha), la distribución del tipo de vehículos en cada movimiento, la localización y el uso de las paradas de ómnibus (transporte público) dentro del área de la intersección, flujo de peatones que cruzan y movimientos de estacionamiento dentro del área de la intersección.
- B. Condiciones de la vía (geométricas):** Las condiciones de la vía incluyen la geometría básica de la intersección, incluyendo el número y ancho de vías, pendientes y asignación del uso de la vía incluyendo vías de parqueo.
- C. Condiciones de semaforización:** Las condiciones de semaforización, incluyen una definición total de las fases de la señal, tiempos y tipo de control, y una evaluación de la progresión para cada grupo de vías.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.9. Nivel de Servicio

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/ o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2014,)



El nivel de servicio de intersecciones semaforizadas es definido en términos de la demora, la cual es una medida de la disconformidad del conductor, frustración, consumo de combustible y el tiempo perdido de viaje.

La demora experimentada por el conductor es hecha sobre un número de factores que relacionan el control, la geometría, el tráfico y los incidentes. **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

- **Nivel de servicio A** describe operaciones con un control de demoras de 10 s/veh o menos y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es baja y la progresión es excepcionalmente favorable o la duración del ciclo es muy corto. Si es debido a la favorable progresión, la mayoría de los vehículos llegan durante la indicación verde y viajan a través de la intersección sin parar.
- **Nivel de servicio B** describe operaciones con control demora entre 10 y 20 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es baja y la progresión es altamente favorable o la duración del ciclo es corto. Más vehículos parados que con Nivel de servicio A.
- **Nivel de servicio C** describe operaciones con control demora entre 20 y 35 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderada. Fallas de ciclo individual (es decir, uno o más vehículos en cola no son capaces de salir como resultado de la insuficiencia de la capacidad durante el ciclo) pueden comenzar a aparecer en este nivel. El número de vehículos parando es importante, aunque muchos vehículos pasan a través de la intersección sin parar.
- **Nivel de servicio D** describe operaciones con control demora entre 35 y 55 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es alta y la progresión es ineficaz o la duración del ciclo es largo. Muchos vehículos paran y las fallas ciclo individual son perceptibles.

- **Nivel de servicio E** describe operaciones con control demora entre 55 y 80 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es alta, la progresión es desfavorable, y la duración del ciclo es larga. Las fallas Ciclo individual son frecuentes.
- **Nivel de servicio F** describe operaciones con control demora superior a 80 s/veh o una proporción volumen-capacidad superior a 1.0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre, y la duración del ciclo es larga. La mayoría de los ciclos no permiten borrar la cola.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

Figura 29 : Criterios del nivel de servicio

Criterios del nivel de servicio	Control de demora (S/veh)	Niveles de servicio por la proporción volumen-capacidad	
		≤10	A
	>10-20	B	F
	>20-35	C	F
	>35-55	D	F
	>55-80	E	F
	>80	F	F

^aPara evaluaciones basadas en aproximación en toda la intersección, los niveles de servicio se definen únicamente con el control de demora exclusivamente por retraso de control.

Fuente: (Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.10. Tasa de demanda del flujo

La tasa de demanda de flujo para una intersección a la circulación de tráfico se define como el número 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 horario, pero puede representar un período de análisis de menos de 1 h. La tasa de demanda de flujo representa la tasa de flujo de vehículos que arriban a la intersección. Cuando se mide en el campo, esta tasa de flujo se basa en un recuento de tráfico adoptados antes de la cola asociada

con la intersección. Esta distinción es importante para conocer los recuentos durante períodos congestionado porque el recuento de vehículos partiendo desde un enfoque congestionado producirá una tasa de demanda de flujo que es inferior a la tasa real. **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.11. Factor hora Punta de Intersección

Un factor de hora punta para toda la intersección se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

PHF : Factor de hora pico

n_{60} : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

n_{15} : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

El recuento 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 entran en la intersección durante sus respectivos períodos de tiempo. Como tal, un factor de hora punta se calcula para la intersección. Este factor se aplica individualmente a cada movimiento del tráfico. Los valores de este factor suelen oscilar entre 0,80 a 0,95.

El uso de un único factor de hora pico para toda la intersección está diseñado para evitar la probabilidad de crear escenarios de demanda conflictiva con volúmenes que no son proporcionales a los volúmenes reales durante el período de análisis de 15 minutos. **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.12. Relación de pelotón

La relación de pelotón se utiliza para describir la calidad de la señal de progresión para el correspondiente grupo de movimiento. Se calcula como la tasa de flujo demanda durante la indicación verde dividido por el promedio de la tasa de flujo de demanda. Valores para la relación de pelotón típicamente varían de 0,33 a 2,0. La tabla 6 proporciona una indicación de la calidad de la progresión asociados con determinados valores de la relación de pelotón.

Tabla 6 : Valores de la relación de pelotón

Platoon Ratio	Arrival Type	Progression Quality
0.33	1	Very poor
0.67	2	Unfavorable
1.00	3	Random arrivals
1.33	4	Favorable
1.67	5	Highly favorable
2.00	6	Exceptionally favorable

Fuente: (Highway Capacity Manual HCM, 2010)

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

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

R_p : Relación de pelotón

P : La proporción de vehículos que lleguen durante la indicación verde (decimal)

g : Tiempo verde efectivo (s)

C : Duración de ciclo (s).

La proporción de vehículos que lleguen durante la indicación verde " P se calcula como el número de vehículos que llegan durante la indicación verde dividido por el número de vehículos que llegan durante todo el ciclo de la señal. Es un valor



promedio que representan condiciones durante el período de análisis. (**Higway Capacity Manual HCM, 2010**)

2.2.12.1 Tipos de Llegada:

- La llegada del **tipo 1** se caracteriza por un denso pelotón de más del 80% del movimiento de volumen de grupo llegan al inicio del intervalo rojo. Este tipo de llegada es a menudo asociada con los segmentos cortos con progresión muy pobre en el sentido de viaje (y posiblemente buena progresión para la otra dirección).
- Llegada **tipo 2** se caracteriza por un pelotón moderadamente denso llegando en el medio del intervalo rojo o un pelotón disperso que contienen del 40% al 80% del volumen de grupo de movimiento que llegan a lo largo de todo el intervalo de color rojo. Este tipo de llegada es a menudo asociada con segmentos de longitud media con progresión desfavorable en el sentido de viaje
- Llegada **tipo 3** describe una de las dos condiciones. Si las señales del segmento delimitador son coordinadas, luego de la llegada de este tipo se caracteriza por un pelotón que contengan menos del 40% del movimiento de volumen de grupo que llegan parcialmente durante el intervalo rojo y parcialmente durante el intervalo verde. Si las señales no son coordinadas, luego de la llegada de este tipo se caracteriza por pelotones que llegan a la intersección en diferentes momentos durante el transcurso del período de análisis, de modo que las llegadas son realmente aleatorias.
- Llegada **tipo 4** se caracteriza por un pelotón moderadamente denso llegando en el medio del intervalo verde o un pelotón disperso que contienen del 40% al 80% del volumen de grupo de movimiento que llegan a lo largo de todo el intervalo verde. Este tipo de llegada es a menudo asociada con segmentos de longitud media con una favorable evolución en el sentido de viaje.
- Llegada **tipo 5** se caracteriza por un denso pelotón de más del 80% del movimiento de volumen de grupo llegan al inicio del intervalo verde. Este tipo de llegada es a menudo asociada con los segmentos cortos con progresión

muy favorable en el tema del sentido de la marcha y un número bajo a moderado de entradas de calle lateral.

- Llegada de **tipo 6** se caracteriza por un denso pelotón de más del 80% del movimiento de volumen de grupo llegando al inicio del intervalo verde. Este tipo de llegada se produce sólo en segmentos muy cortos con progresión excepcionalmente favorable en el sentido de viaje e insignificante calle lateral entrados. Es reservado para rutas en densas redes de señal, posiblemente con calles de una sola vía.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.13. 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 sobreesaturación es sostenido por un tiempo prolongado. La cola inicial puede estimarse mediante el monitoreo de recuento de cola continuamente durante cada uno de los tres ciclos consecutivos que ocurren justo antes del inicio del período de análisis. Los recuentos más pequeños observados durante cada ciclo se registran. La estimación inicial de la cola es igual a la media de los tres recuentos. En la estimación inicial de la cola no debe incluir los vehículos de la cola debidos al azar, ciclo-por-fluctuaciones del ciclo.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.14. Tasa de flujo peatonal

La tasa de flujo peatonal se basa en el número de peatones que circulan en el cruce peatonal que está cruzada por vehículos que girando a la derecha desde durante el período de análisis. Por ejemplo, la tasa de flujo peatonal para el enfoque hacia el oeste describe el flujo de peatones en el cruce peatonal en la pierna norte. Se toma un recuento independiente para cada sentido de la marcha en el cruce peatonal. Cada recuento está dividido por la duración del período de análisis para producir una tasa de flujo horario direccional. Estas tasas se agregan para obtener la tasa de flujo peatonal. **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.15. Tasa de Flujo de bicicletas

La tasa de Flujo de bicicletas se basa en el número de bicicletas cuyo recorrido es atravesado por vehículos, girando a la derecha desde durante el período de análisis. Estas bicicletas pueden viajar en el hombro o en un carril-bici. Cualquier tráfico de bicicletas que operan en el carril de la derecha con el tráfico automovilístico no deberían incluirse en este recuento. Esta interacción no es modelada por la metodología. El recuento es dividido por la duración del período de análisis para producir una tasa de flujo cada hora.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.16. Máximo verde

El ajuste de máximo verde define la cantidad máxima de tiempo que una señal verde puede ser visualizada en la presencia de demanda de conflicto. Los típicos valores Máximos verdes para las fases de giro a la izquierda tienen rango de 15 a 30 s. Los valores típicos para servir por fases de la calle menor tienen rango de 20 a 40 s y los valores para servir las fases de la calle mayor los rangos oscilan de 30 a 60 s. **(Higway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.17. Mínimo verde

El ajuste de mínimo verde representa la mínima cantidad de tiempo que una señal verde puede ser visualizada cuando una señal de fase es activada. Su duración se basa en consideraciones del tiempo de reacción del conductor, el tamaño de la cola, y la expectativa del conductor.

Los típicos rangos de Verde mínimo normalmente oscilan entre 4 y 15 s, con valores más cortos en este rango utilizado para las fases sirviendo movimientos de giro y bajos volumen a través de movimientos.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.18. El cambio de color amarillo y el rojo

El cambio de color amarillo y el rojo son ajustes de holgura para cada entrada de fase de la señal. El intervalo de cambio de amarillo está destinado a alertar a un

conductor a la inminente presentación de una indicación de color rojo. Oscila de 3 a 6 s, con mayores valores en este rango usado con fases que sirven movimientos de alta velocidad. El intervalo de separación de color rojo puede usarse para permitir que un breve tiempo para transcurrir tras la indicación amarilla, durante el cual las señales mayores asociadas con la fase final y todas las fases conflictivas muestran una indicación de color rojo, Si se utiliza el intervalo de separación de color rojo es típicamente 1 o 2 s.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.19. Duración de ciclo (Coordinado- operación Actuada)

La duración del ciclo es el tiempo transcurrido entre la terminación de dos presentaciones secuenciales de un intervalo verde de fase coordinada.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.20. Fase dividida (Coordinado- operación Actuada)

Cada fase no coordinada es siempre un "Split". Este tiempo representa la suma del verde, cambio amarillo e intervalos de despeje rojo para la fase.

El fundamento para determinar duración del intervalo verde varía entre organismos; sin embargo, a menudo se relaciona con la "óptima" duración de intervalo verde preestablecido.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.21. Desplazamiento y punto de referencia de desplazamiento (Coordinado- operación Actuada)

La fase de referencia se especifica que una de las dos fases coordinada (es decir, la fase 2 o 6). El desplazamiento introducido en el controlador representa el momento en que comienza la fase de referencia (o extremos) relativo al tiempo cero del sistema dominante.

El desplazamiento debe ser especificado como se hace referencia al principio o al final del intervalo verde de la fase de referencia. El punto de referencia de

desplazamiento suele ser el mismo en todas las intersecciones en un determinado sistema de señal. **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.22. Modo de Fuerza (Operación Coordinada- Actuada)

Este modo es una configuración específica del controlador. Se establece en "fijos" o "flotantes". El controlador calcula el punto de fuerza de la fase para cada fase no coordinada sobre la base modo forzado y fase dividida, Cuando está en el modo fijo, cada fase no coordinada tiene su punto de fuerza establecido en un tiempo fijo en el ciclo, relativo al tiempo cero en el sistema dominante. Esta operación permite no usar el tiempo dividido para volver a la siguiente fase. Cuando se establece el modo flotante, cada fase no coordinada tiene su punto de fuerza fijado en el tiempo dividido después de la primera fase que se activa. Esta operación permite no usar el tiempo dividido para volver a la fase coordinado (lo que se conoce como "un pronto retorno a verde").

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23. Metodología del HCM

2.2.23.1 Paso 1: Determinar grupo de movimientos y grupo de Carriles

A. Grupo de carriles y grupo de movimientos

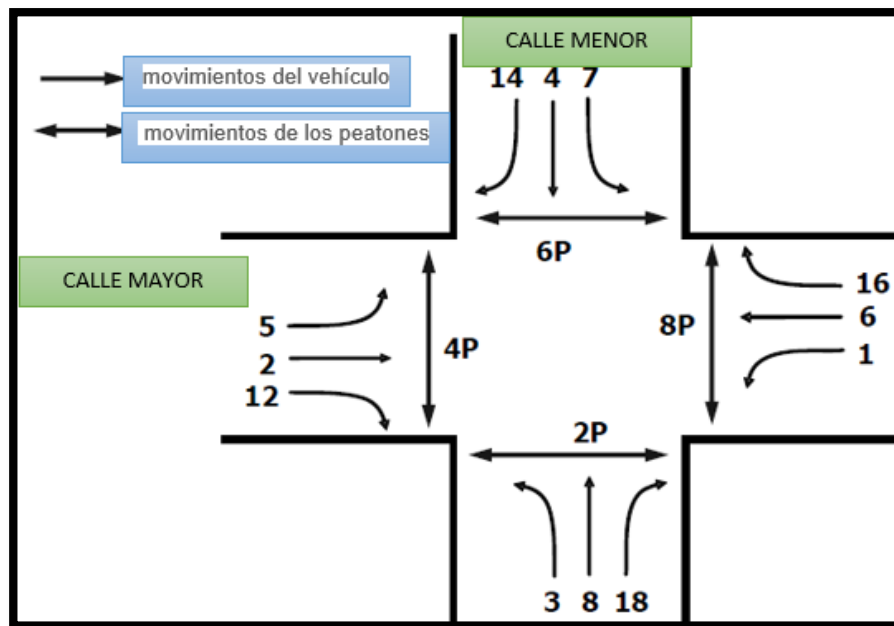
Un carril o grupo de carriles designados para separar el análisis se conoce como un grupo de carril. En general, un separado grupo de carril está establecido para (a) Cada carril (o combinación de carriles adyacentes), que sirve exclusivamente a un movimiento y (b) cada carril compartidos por dos o más movimientos.

El concepto de los grupos del movimiento también se establece para facilitar la entrada de datos. Un independiente grupo de movimiento está establecido para (a) cada movimiento de giro con uno o más carriles de giro exclusivo y (b) a través del movimiento (incluyendo cualquier vuelta movimientos que compartan un carril). **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

B. Movimiento y Numeración de la fase

La figura 30 ilustra los movimientos de tráfico de vehículos y peatones en una intersección de cuatro piernas. Tres movimientos de tráfico vehicular y un movimiento de tráfico peatonal se muestran para cada intersección. Para facilitar la discusión, a cada movimiento se le asigna un único número o un número y combinación de letras. La letra P denota un movimiento peatonal. (Higway Capacity Manual HCM, 2010)

Figura 30 : Movimiento de tráfico de vehículos y peatones



Fuente: (Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.2 Paso 2: Determinar la tasa de flujo de Grupo de Movimientos

La tasa de flujo de cada grupo de movimiento es determinada en este paso. Si un movimiento de giro sirve para una o más carriles exclusivos y no carriles compartidos, entonces cada tasa de flujo de movimiento es asignada a un grupo de movimiento. Cualquiera de los flujos de enfoque que aún no se ha asignado para un grupo de movimiento es asignado a un grupo de movimiento.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.3 Paso 3: Determinar la tasa de Flujo de Grupo de Carriles

La tasa de flujo del grupo de carriles es determinada en este paso. Si no hay carriles compartidos en la intersección enfocada, o el enfoque tiene solo un carril, hay una correspondencia uno a uno entre los grupos de carriles y grupo de movimientos. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carril es igual a la tasa de flujo del grupo de movimiento. **(Highway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.23.4 Pasó 4: Determinar los Ajustes de la Tasa de Flujo de Saturación:

El ajuste de la tasa de flujo de saturación para cada carril de cada grupo de carriles es calculado en este paso. La tasa de flujo de saturación base proporcionada como una variable de entrada es usada en este cálculo.

El cálculo del flujo de saturación es referido como el “ajuste” de tasa de flujo de saturación porque este refleja la aplicación de varios factores de ajuste a la tasa de flujo de saturación base a las condiciones específicas presentes en la intersección enfocada.

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

Donde :

S = Ajuste de la tasa de flujo de saturación.

S₀ = Tasa de flujo de saturación base. (veh/hr/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 para Estacionamiento

f_{bb} = Factor de Ajuste para bloqueo de buses

f_a = Factor de Ajuste por tipo de área



f_{LU} = Factor de Ajuste por el carril utilizado

f_{LT} = Factor de Ajuste por giros a la derecha

f_{RT} = Factor de Ajuste por giros a la izquierda

f_{Lpb} = Factor de Ajuste para peatones

f_{Rpb} = Factor de Ajuste para bicicletas

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.1 Flujo de Saturación Base:

La Tasa de flujo de Saturación representa el máximo caudal de caudal de una vía de circulación, medida en la línea de parada durante la indicación verde. La tasa de flujo de saturación de base representa la saturación del caudal para un carril de tráfico que es de 3.66 m de ancho y no tiene vehículos pesados, grado plano, no hay estacionamiento, no hay autobuses que paran en la intersección, incluso la utilización de carril, y no hay giro de vehículos. Normalmente, una tasa base es seleccionado para representar a todas las intersecciones señalizadas en la jurisdicción (o de área), dentro del cual se encuentra la intersección.

Cuando la intersección se encuentre en un área metropolitana con **250.000 habitantes o más**, la saturación base es de **1900** automóviles/carril/hora, y en otras ciudades **1750**.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.2 Factor de Ajuste por ancho de carril:

Factor de Ajuste por ancho de carril f_w cuenta el impacto negativo del carril estrecho en la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de tasa de flujo en carriles anchos.

Tabla 7 : Factores de ajuste

Promedio de ancho de carril (m)	Factor de ajuste (fw)
< 3	0.96
≥ 3 - 4	1
> 4	1.04

Fuente: (Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.3 Factor de Ajuste por Vehículos Pesados:

Un vehículo pesado se define como cualquier vehículo con más de cuatro neumáticos tocando el pavimento. Los autobuses locales que paran en el área de intersección no se incluyen en el recuento de vehículos pesados. El porcentaje de vehículos pesados representa el número de vehículos pesados que llegan durante el período de análisis, dividido por el número total de vehículos contados para el mismo período. Este porcentaje se proporciona para cada intersección a la circulación del tráfico; sin embargo, un valor representativo para todos los movimientos puede ser utilizado para un análisis de la planificación.

El factor de ajuste por vehículos pesados f_{HV} cuenta es espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y por la diferencia en su capacidad operativa, comparado con carros de pasajeros. Este factor no se refiere a la parada de buses locales en el área de intersección. (Higway Capacity Manual HCM, 2010)

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

Donde :

P_{HV} : porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo de movimiento.

E_T : equivale al número de autos para cada vehículo pesado.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.4 Factor de Ajuste por Pendiente:

El factor de ajuste por pendiente explica los efectos de la pendiente de aproximación en el rendimiento del vehículo.

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

Donde:

P_g : es la pendiente de aproximación para el correspondiente grupo de movimiento. (%)

Este factor aplica para pendientes que va desde 6.0% to +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positivo y una cuesta abajo tiene un valor negativo.

2.2.23.4.5 Factor de Ajuste para Estacionamiento

El factor de ajuste de estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto friccionante de un carril de estacionamiento sobre el flujo del grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. Esto también representa el bloqueo ocasional de un carril adyacente por los vehículos que circulan dentro y fuera de la zona de estacionamiento. Si el estacionamiento no está presente, entonces este factor tiene un valor de 1,00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3,600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

N_m : tasa de maniobra de estacionamiento adyacente al grupo de carriles (maniobras/h)

N: número de carriles en un grupo de carriles .

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 76.2 m antes de la línea de parada. Un límite práctico de 180 maniobras/h debe ser mantenido con la ecuación. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es de 0,050. Cada maniobra (dentro o fuera) se asume para bloquear el tráfico en el carril adyacente a la maniobra de estacionamiento para un promedio de 18 s.

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

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.6 Factor de Ajuste para bloqueo de buses

El factor de ajuste de bloqueo de autobuses f_{bb} tiene en cuenta el impacto de autobuses de tránsito local que paran para descargar o recoger pasajeros en una cercana o lejana parada de buses dentro de los 76.2 m de la línea de parada (anterior o posterior). Los valores de este factor se calculan con la ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3,600}}{N} \geq 0.050$$

Donde :

N: Es el número de carriles en un grupo de carriles

N_b: Es la tasa de parada de buses en el sujeto enfocado (buses/h).

Este factor debe usarse sólo cuando la parada de autobuses bloquea el flujo del tráfico en el grupo de carriles. Un límite práctico de 250 buses/h debe ser sustentado con la ecuación. Un mínimo valor de f_{bb} de esta ecuación es de 0,050. El factor utilizado aquí asume un promedio de tiempo de bloqueo de 14,4 s durante una indicación verde. **(Higway Capacity Manual HCM, 2010)**

2.2.23.4.7 Factor de Ajuste por tipo de área

El factor de tipo de área se utiliza para indicar si la intersección está en un distrito central de negocios (CBD).

El factor de tipo de área f_a tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones en **CBDs** (zonas comerciales) en comparación a aquellas situadas en otras ubicaciones. Cuando se utiliza, tiene un valor de 0,90.

El uso de este factor debe ser determinado en caso de base de casos. Este factor no es limitado para determinadas zonas **CBD**, tampoco es necesario utilizarse para todas las zonas **CBD**. En lugar de ello, este debería utilizarse en zonas donde el diseño geométrico y el tráfico o flujos peatonales, o ambos, son tales que los avances de los vehículos son significativamente incrementados.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.8 Factor de Ajuste por el carril utilizado

Factor de ajuste por la utilización del carril cuenta para la desigualdad en la distribución del tráfico entre los carriles de circulación en aquellos grupos con más de un carril exclusivo. Este factor proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación base para la cuenta de uso desigual de los carriles. Esto no se utiliza a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo. Se calcula con la ecuación:

$$f_{LU} = \frac{v_s}{N_e v_{g1}}$$

Donde:

f_{LU} : Factor de ajuste por utilización de carril

V_g : Tasa de flujo de demanda para el grupo de movimiento (veh/h),

N_e : Tasa de flujo de demanda en el único carril exclusivo con la mayor tasa de flujo de todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento (veh/h/carril)

V_{g1} : Número de carriles exclusivos en grupo de movimiento (LN).

Un factor de utilización de un carril de 1,0 se utiliza cuando una distribución del tráfico uniforme puede ser asumida en todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento o cuando un grupo de movimiento sólo tiene un carril. Los valores inferiores a 1,0 se aplican cuando el tráfico no está distribuido uniformemente. Enfoques como la demanda de capacidad, el factor de utilización de carril es a menudo más cerca de 1.0 porque los conductores tienen menos oportunidad de seleccionar su carril.

En algunas intersecciones, los conductores pueden elegir uno por encima de otro carril en anticipación del giro en una intersección posterior. Cuando este tipo de "pre posicionamiento" ocurre, una evaluación más precisa será obtenida cuando la actual tasa de flujo para cada carril enfocado es medida en el campo y siempre como una aportación a la metodología.

El factor de ajuste de la utilización del carril de entrada se utiliza para estimar la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o uno exclusivo, este factor es de 1,0.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.9 Factor de Ajuste por giros a la derecha

El factor de ajuste de giro derecha f_{RT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la derecha en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la ecuación:

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

Donde:

E_R : Es el equivalente al número de carros para un giro a la derecha protegida de vehículo (= 1.18).

Si el movimiento de giro a la derecha comparte un carril con otro movimiento o ha permitido la operación, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 31 debe utilizarse para calcular el ajuste de tasa de flujo de saturación para el carril compartido del grupo de carriles. El efecto de peatones y bicicletas en la tasa de flujo de saturación de giro a la derecha es considerado en un factor de ajuste separado.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.10 Factor de Ajuste por giros a la izquierda

El factor de ajuste de giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la izquierda en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la siguiente ecuación:

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

Donde:

E_L : Es el equivalente al número de carros para un giro a la izquierda protegido de vehículo (= 1,05).

Si el movimiento de giro a la izquierda comparte un carril con otro movimiento o ha permitido la operación, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 31 debe utilizarse para calcular el ajuste de tasa de flujo de saturación para el carril compartido del grupo de carriles. El efecto de los peatones en la tasa del flujo de saturación de giro a la izquierda es considerado en un factor de ajuste separado.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.4.11 Factor Ajuste para peatones y bicicletas

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de giro a la izquierda de bicicletas y peatones f_{Lpb} y el factor de ajuste de giro a la derecha de bicicletas y peatones f_{Rpb} se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, el cual tiene en cuenta el conflicto entre el giro de vehículos, peatones y bicicletas. La ocupación correspondiente de la Zona de Conflicto toma en cuenta si el flujo vehicular oponente, también está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda. El porcentaje de tiempo en verde en el cual la zona de conflicto es ocupada se determina en función de la ocupación correspondiente y el número de carriles receptores del giro de vehículos. (Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.5 Paso 5: Determinar la proporción que llegan 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 el verde y la indicación de señal rojo. La demora y el tamaño de la cola son menores cuando una larga proporción de vehículos llegan durante la indicación verde.

$$P = R_p (g / C)$$

Dónde:

R_p : Es la relación en pelotón

Esta ecuación requiere conocimiento del tiempo efectivo en verde g y la duración del ciclo C . Estos valores son conocidos por la operación pre programado.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

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

La duración de la fase de señal depende del tipo de control que se utiliza en el tema de la intersección. Si la intersección tiene un control pre programado, entonces la duración de la fase es una entrada y este paso es omitido.

La duración de una fase activada está compuesta de cinco períodos de tiempo. El primer período representa el tiempo perdido mientras la cola reacciona al cambio de la señal de indicación a verde. El segundo intervalo representa el tiempo necesario para despejar la cola de vehículos. El tercer período representa el tiempo de indicación verde extendido por vehículos que ingresan al azar. Termina cuando existe una abertura en el tráfico (es decir, hueco) o el verde se extiende hasta el límite máximo (es decir, Max). El cuarto período representa el intervalo de cambio de color amarillo, y el quinto período representa el intervalo de separación de color rojo. La duración de una fase activada está definida por la ecuación:

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

Donde:

D_p = duración de fase (s)

l_1 = pérdida de tiempo de arranque = 2.0 (s)

g_s = tiempo de servicio de cola (s)

g_e = tiempo de extensión verde (s)

Y = el intervalo de cambio Amarillo (s)

R_c = intervalo de separación rojo (s).

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

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

Donde:

l_2 = tiempo perdido de despeje = $Y + R_c - e$ (s)

e = extensión del verde efectivo $e = 2.0$ (s)

Y todas las demás variables están previamente definidas.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.7 Paso 7: Determinar la capacidad y la relación de volumen y capacidad

2.2.23.7.1 Relación de Volumen y capacidad del grupo de carriles

La capacidad de un determinado grupo de carriles sirve a un movimiento de tráfico, y para los cuales no están permitidos movimientos de giro a la izquierda, es definido por la ecuación:

$$c = N s \frac{g}{C}$$

Donde:

c : Es la capacidad (veh/h)

N : Número de carriles en un grupo de carriles

S : Tasa de saturación ajustada

g : tiempo en verde efectivo

C: Duración de ciclo

Esta ecuación no puede usarse para calcular la capacidad de un carril compartido de un grupo de carriles o un grupo de carriles con operación de giro a la izquierda permitido porque estos grupos de carriles tienen otros factores que afectan a su capacidad

La relación de volumen y capacidad para un grupo de carriles es definida como el volumen del grupo de carriles sobre su capacidad. Se calcula mediante la ecuación:

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

Donde:

X = relación del volumen y capacidad

v = demanda del índice de flujo (veh/h),

c = capacidad (veh/h).

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.8 Paso 8: Determinar demoras

La demora calculada en este paso representa el control promedio de demoras experimentadas por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier demora por estos vehículos que están todavía en la cola después de que finalice el periodo de análisis. El control de demora para un determinado grupo de carriles se calcula utilizando la ecuación:

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde:

d = control de demora (s/veh)

d₁ = demora uniforme (s/veh)

d₂ = demora incremental (s/veh)

d₃ = demora de cola inicial (S/veh).

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.8.1 Demora uniforme

La siguiente ecuación representa una forma para calcular la demora cuando las llegadas son asumidas aleatoriamente a lo largo de todo el ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período. Esto se basa en el primer término de la ecuación de demora presentada en otro lugar .

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

Donde:

d_1 : Demora uniforme (s/veh)

C : Duración de ciclo

g : Tiempo en verde efectivo

X : Relación del volumen y capacidad

Todas las variables están previamente definidas. El procedimiento de cálculo de demoras utilizado en esta metodología es consistente con la ecuación

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.8.2 Demora incremental

El término de demora incremental toma en cuenta la demora debido a la variación aleatoria en el número de llegadas en un ciclo por ciclo base. Esto también toma en cuenta la demora causada por exceso de demanda a la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la que la excede demanda a la capacidad durante el período de análisis se denomina aquí como demanda insatisfecha. La ecuación de demora incremental fue derivada mediante el uso de una hipótesis de una cola no inicial debido a la demanda insatisfecha en el anterior período de análisis. Ecuación de 18 a 45 años, con la ecuación 18-46, son usadas para calcular la demora incremental.

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

$$X_A = v / c_A$$

Donde X_A es la relación de volumen y capacidad promedio y las otras variables están previamente definidas. (Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.8.3 Demora de la cola inicial

Si ningún grupo de carriles tiene una cola inicial, entonces la demora de la cola inicial d_3 es igual a 0.0 s/veh. Si una cola inicial está presente para cualquier grupo de carriles en la intersección, entonces la ecuación A mediante la ecuación B son usadas para calcular la demora de la cola inicial para cada grupo de carriles.

$$d_3 = \frac{3,600}{vT} \left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2c_A} - \frac{Q_b^2}{2c_A} \right)$$

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

If $v \geq c_A$, then

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

$$t_A = T$$

If $v < c_A$, then

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

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

Donde:

T_A : Duración ajustada de la demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h),

Q_e : Cola al final del período de análisis (veh),

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

Y otras variables previamente definidas.

(Higway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23.9 Paso 9. Determinar El Nivel de Servicio

La tabla N°8 se utiliza para determinar el nivel de servicio para cada grupo de carriles, cada enfoque y la intersección como un todo. El Nivel de Servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para automovilistas en la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales.

Tabla 8 : Niveles de servicio

Control de demoras(s/veh)	Nivel de servicio relación v/c	
	≤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

Fuente: (Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.24. Trafico Futuro

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o (1+i)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

(Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito , 2008)

2.2.24.1 Tasa de Crecimiento poblacional Anual

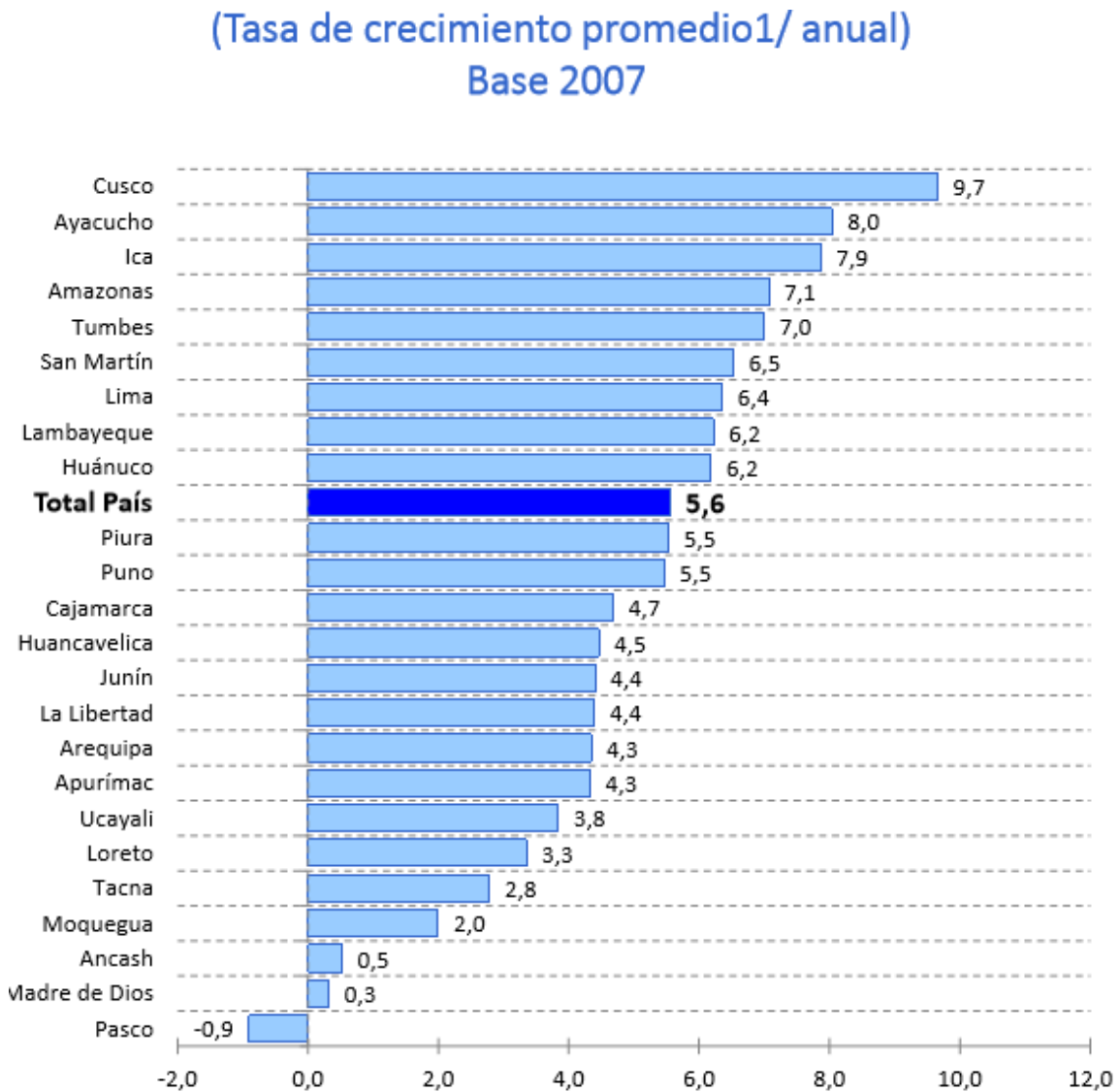
Tabla 9 : Tasa de crecimiento por provincia en %

DEPARTAMENTO	AÑOS			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
PERU	1.70	1.60	1.50	1.30
COSTA				
Callao	2.60	2.30	2.10	1.80
Ica	1.70	1.50	1.30	1.20
La Libertad	1.80	1.70	1.50	1.30
Lima	1.90	1.70	1.50	1.30
Moquegua	1.70	1.60	1.40	1.30
Piura	1.30	1.20	1.10	0.90
Tacna	3.00	2.70	2.40	2.10
Tumbes	2.80	2.60	2.30	2.00
SIERRA				
Ancash	1.00	0.90	0.80	0.70
Apurímac	0.90	1.00	1.00	1.00
Arequipa	1.80	1.70	1.50	1.30
Ayacucho	0.10	0.30	0.40	0.40
Cajamarca	1.20	1.20	1.10	0.90
Cusco	1.20	1.20	1.10	1.00
Huancavelica	0.90	1.00	0.90	0.90
Huanuco	2.00	1.80	1.70	1.60
Junín	1.20	1.20	1.00	0.90
Pasco	0.40	0.60	0.50	0.40
Puno	1.20	1.20	1.10	1.00
SELVA				
Amazonas	1.90	1.80	1.70	1.50
Loreto	2.50	2.20	2.00	1.90
Madre de Dios	3.30	2.90	2.60	2.30
San Martín	3.70	3.30	2.90	2.60
Ucayali	3.70	3.30	2.90	2.50

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e informática - INEI, 2015)

2.2.24.2 Producto interno por departamentos (PBI)

Figura 31 : Tasa de crecimiento anual para vehículos de carga según el PBI



Fuente: (Instituto Nacional de estadística e informática - INEI, 2007)

2.2.25. Elasticidades:

Se debe destacar que las variables a ser incluidas en la estimación del modelo deben ser posibles de proyectar con un cierto nivel de exactitud, en caso contrario pierden utilidad en su aplicación. En el caso de la población y PBI, existen proyecciones efectuadas por instituciones de cierto grado de confiabilidad para ser utilizado en las relaciones funcionales.

Por lo general a nivel de perfil es conveniente trabajar la relación funcional entre el tráfico vehicular y las variables explicativas a nivel de elasticidades.

$$\begin{aligned}r_{tp} &= r_{Pob} \times E_{tp/Pob} \\r_{cg} &= r_{PBI} \times E_{cg/PBI}\end{aligned}$$

Donde:

r_{tp} : Tasa de Crecimiento anual de tráfico de vehículos de pasajeros

r_{cg} : Tasa de Crecimiento anual de tráfico de vehículos de carga

r_{Pob} :Tasa de crecimiento de la población de la zona

r_{PBI} : tasa de crecimiento del PBI de la zona.

$E_{cp/pob}$ =Elasticidad del crecimiento del tráfico de vehículos de pasajeros respecto al crecimiento de la población

Elasticidad del crecimiento del tráfico de vehículos de carga respecto al crecimiento PBI de la zona

Cuando se Consideran las Elasticidades como 1 (lo cual es muy cercano a la realidad), se tendrá que:

$$\begin{aligned}r_{tp} &= r_{Pob} \\r_{cg} &= r_{PBI}\end{aligned}$$

(Guia metodologica para PIP de vialidad urbana, a nivel de perfil , 2015)

CAPÍTULO III - METODOLOGIA

3.1. Metodología de la Investigación:

3.1.1. Tipo de Investigación:

La investigación que se utilizó, por naturaleza del objeto de estudio, es de tipo Cuantitativa. Ya que recogeremos y procesaremos los datos obtenidos del trabajo en campo para la determinación de flujos viales críticos, capacidad vial y nivel de servicio.

3.1.2. Nivel de Investigación:

El nivel de estudio que se utilizó fue Descriptivo, ya que se describió situaciones y/o eventos. Y se especificó las propiedades importantes de la geometría de la vía, como anchos de carril, pendientes, sus características de funcionamiento, capacidad vial y nivel de servicio.

3.1.3. Método de Investigación:

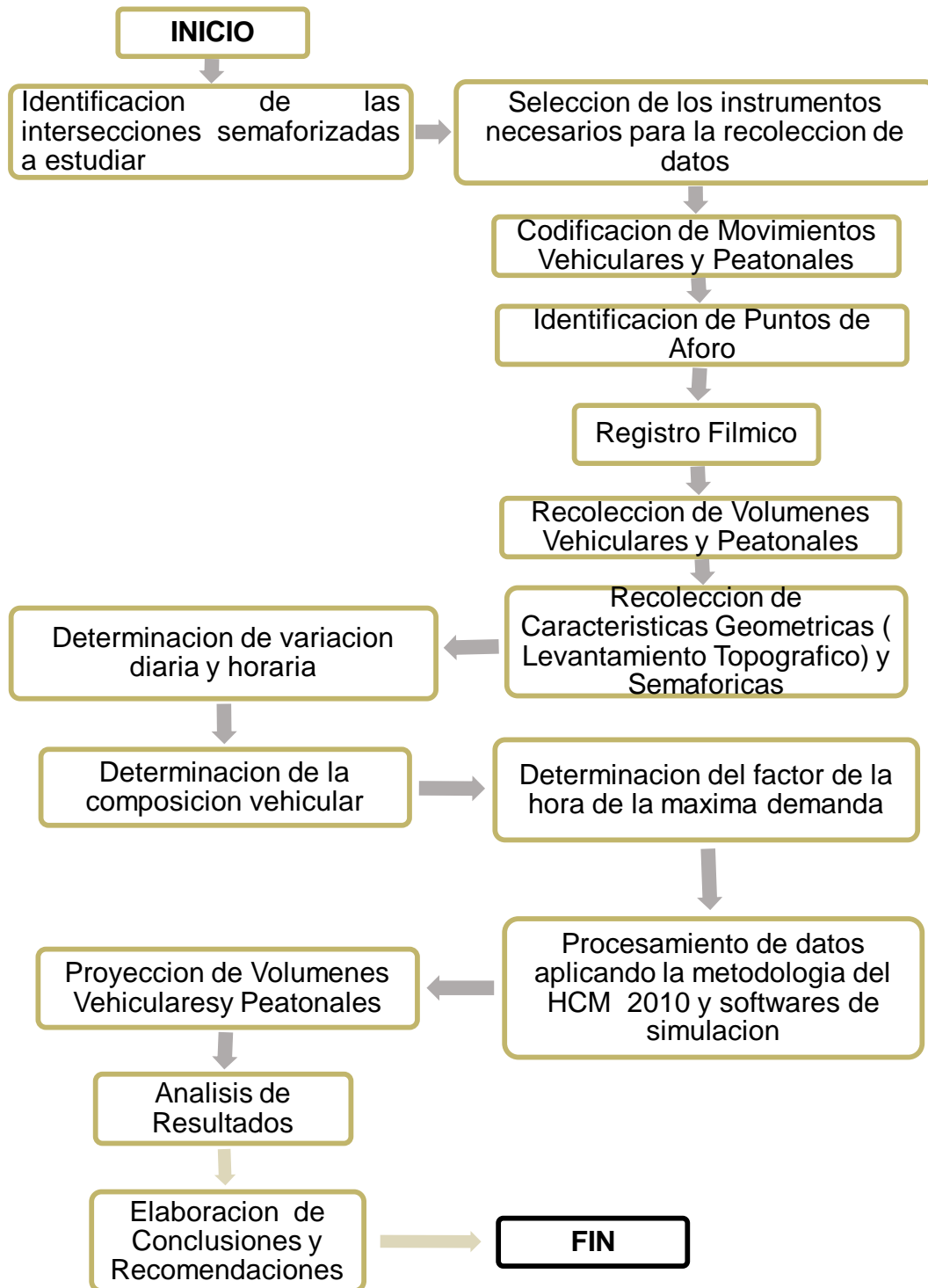
En el presente estudio se empleó el método hipotético - deductivo, ya que se observó el fenómeno a estudiar en las intersecciones seleccionadas y se crearon hipótesis, las cuales fueron verificadas y comprobada en el transcurso de la investigación.

3.2. Diseño de la Investigación:

3.2.1. Diseño Metodológico:

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental debido a que no incluye la manipulación de la variable y se observa el fenómeno bajo condiciones reales.

3.2.2. Diseño de ingeniería





3.3. Universo y Muestra

3.3.1. Universo

3.3.1.1 Descripción del universo

La población de esta investigación fueron las intersecciones semaforizadas que alto tránsito vehicular y peatonal en la ciudad del Cusco, las cuales por ser de gran importancia necesitan un mayor estudio. Recolección de Características Geométricas (Levantamiento Topográfico)

3.3.1.2 Cuantificación del universo

El universo donde se aplicó la investigación fueron las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio - 3er paradero de Tío, Av. La cultura - Manuel Prado, Prolongación Av. La cultura - Universidad Andina del Cusco; intersecciones viales urbanas definidas de la ciudad del Cusco, con gran demanda vehicular y oferta vial, ya que en estas se generan conflictos y congestionamiento vehicular que afecta el tránsito vial.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra

La muestra seleccionada para esta investigación fueron las intersecciones semaforizadas con alto tránsito vehicular y peatonal en la ciudad del Cusco. Es una muestra censal ya que la muestra coincide con la población. En este sentido **Ramírez (1997)** afirma “La muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra”

Figura 32 : Intersección semaforizada Avenida 28 de Julio - 3er paradero de Tío



Fuente: Google Earth

Figura 33 : Intersección semaforizada Avenida la Cultura - Manuel Prado



Fuente: Google Earth

Figura 34 : Intersección semaforizada Prolongación avenida la cultura – Universidad Andina del Cusco



Fuente: Google Earth

3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra:

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

- Intersección semaforizada Av. 28 de Julio – 3er paradero de Tío
- Intersección semaforizada Av. La Cultura – Manuel Prado
- Intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco.

3.3.2.3 Método de Muestreo:

El tipo de muestra en el estudio de la investigación fue no probabilístico, ya que según Hernández, Fernández y Baptista (2000) “Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección informal y poco arbitrario. Aun así, se utilizan en muchas investigaciones y a

partir de ella se hacen las inferencias sobre la población “. Esto nos indica que no se utilizó formulas estadísticas para determinar la cantidad de nuestra muestra, realizándolo así mediante criterio propio.

3.3.2.4 Criterios de Evaluación de Muestra:

Se evaluaron las tres intersecciones mediante los criterios expuestos por, **Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010):**

- Determinación de las características geométricas.
- Determinación de las características del tránsito.
- Determinación de las características semafóricas.

3.3.3. Criterios de Inclusión:

Los criterios que determinamos para la inclusión son:

- Intersecciones viales que estén dentro de la tipología de intersecciones semaforizadas.
- Intersecciones viales que enlace los sistemas viales más importantes de la ciudad del Cusco.
- Intersecciones viales con gran flujo vehicular (demanda).
- Intersecciones viales que ofrezcan mayor infraestructura vial (oferta).

3.4. Instrumentos:

3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos:

3.4.1.1 Ficha de aforo vehicular

Nos ayudó a determinar el número de vehículos que transitan en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo determinado, y de esta manera poder clasificarlos.



Tabla 10 : Ficha de aforo vehicular Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio

FICHA DE AFORO VEHICULAR																						
TESIS:		ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION																				
TESISTAS:		Palmira Bonetti Peña Eiko Hiromi Yatto Grados																				
INTERSECCION		CODIGO TURNO																				
DIA																						
HORA	Omnibus																			TOTAL		
	MOTO	Auto movil	Station Wagon	Cmta Pickup	Cmta Rural	Micro	2E LIGERO	2E PESADO	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3	
07:00 - 07:15																						
07:15 - 07:30																						
07:30 - 07:45																						
07:45 - 08:00																						
SUB TOTAL																						
08:00 - 08:15																						
08:15 - 08:30																						
08:30 - 08:45																						
08:45 - 09:00																						
SUB TOTAL																						
09:00 - 09:15																						
09:15 - 09:30																						
09:30 - 09:45																						
09:45 - 10:00																						
SUB TOTAL																						
TOTAL																						
(%)																						








Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 : Ficha de aforo vehicular Av. La Cultura – Manuel Prado

FICHA DE AFORO VEHICULAR										
 TESIS:		ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION								
TESISTAS:		Palmira Bonetti Peña Eiko Hiromi Yatto Grados								
INTERSECCION:								CODIGO		
DIA:								TURNO		
HORA	Moto	Auto movil	Station Wagon	Cmta Pickup	Cmta Rural	Micro	Omnibus	Camion		TOTAL
							2E LIGERO	2E	3E	
										
SUB TOTAL										
SUB TOTAL										
SUB TOTAL										
TOTAL										
(%)										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Ficha de aforo vehicular Prolongación Av. La Cultura Universidad Andina del Cusco


FICHA DE AFORO VEHICULAR															
 TESIS:		ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION													
TESISTAS:		Palmira Bonett Peña													
INTERSECCION		Eiko Hiromi Yatto Grados													
DIA		CODIGO					TURNO								
HORA	MOTO	Auto movil	Station Wagon	Cmta Pickup	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			4E	5E	6E	TOTAL
							2E LIGERO	2E PESADO	2E □	3E					
SUB TOTAL															
SUB TOTAL															
SUB TOTAL															
TOTAL															
(%)															

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2 Ficha de aforo peatonal

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

Tabla 13: Formato de ficha de aforo peatonal


FICHA DE AFORO PEATONAL			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonett Peña Eiko Hiromi Yatto Grados		
INTERSECCION	CODIGO	TURNO	
DIA	SENTIDOS		TOTAL
HORA			
SUB TOTAL			
SUB TOTAL			
SUB TOTAL			
TOTAL			

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3 Ficha de características geométricas

Nos permitió realizar un inventario vial mediante levantamiento topográfico realizado en campo considerando una serie de características que se detallan a continuación:

Tabla 14: Formato de ficha de características geométricas de la vía


FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA	
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION
TESISTAS:	Palmira Bonett Peña Eiko Hiromi Yatto Grados
INTERSECCION:	NUMERO DE CALZADA
DIA:	
SENTIDO DE CIRCULACION	
ANCHO DE CALZADA	
PENDIENTE (%)	
NUMERO DE CARRILES	
ANCHO DE CARRIL	

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4 Ficha de características semafóricas de la vía

Nos permitió realizar inventario vial semafórico para obtención de datos referentes a la señalización tanto horizontal como vertical.

Tabla 15 : Formato de ficha de características semafóricas de la vía

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA	
 TESIS:	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña
	Eiko Hiromi Yatto Grados
INTERSECCION:	CODIFICACION:
DIA:	
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO
	AMBAR
	VERDE

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería:

3.4.2.1 Cámara filmadora:

Este instrumento se usó para registrar los flujos vehiculares y peatonales, fue necesario instalar una cámara filmadora con su respectivo trípode estratégicamente con la finalidad de registrar los movimientos vehiculares en hora pico.

Fotografía 1: cámara filmadora y trípode



Fuente : Elaboración propia

3.4.2.2 Estación total:

Es un instrumento que facilita determinar la medición de las dimensiones topográficas y ubicación de señales de tránsito de las infraestructuras viales para realizar la adecuada coleta de datos de dicha infraestructura. Complementariamente para realizar el levantamiento topográfico se utilizó instrumentos como:

GPS, primas, porta prismas, wincha y radios; necesarios para realizar el levantamiento topográfico de las intersecciones de estudio.

Fotografía 2: Estación total e instrumentos complementarios

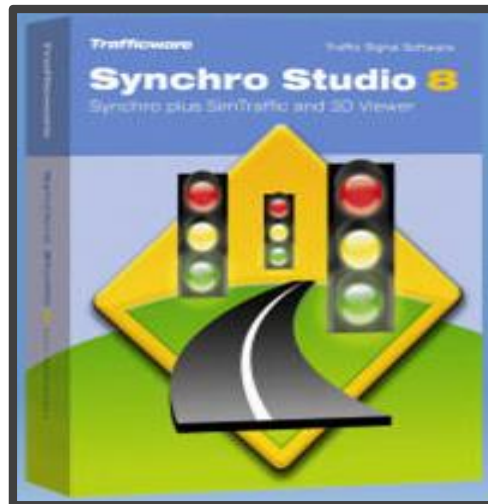


Fuente: Elaboración propia

3.4.2.3 Synchro 8 educacional:

Synchro es un software Trafficware que permite modelar, optimizar, gestionar y simular los tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales a un nivel macroscópico.

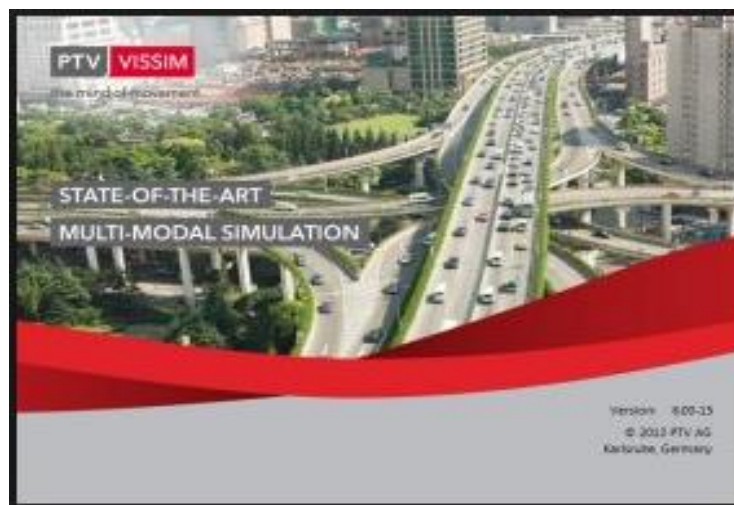
Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del Highway Capacity Manual 2010, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization)

Figura 35: Synchro 8 educational

Fuente: Synchro Sim traffic and 3d Viewer

3.4.2.4 VISSIM:

El VISSIM es un software utilizado para la simulación microscópica y multimodal de tránsito. En un modelo de simulación microscópica, los individuos (vehículos, bicicletas, peatones) que componen los flujos de tránsito son el elemento mínimo. El ámbito de aplicación del VISSIM comprende desde la ingeniería de tránsito, pasando por la planificación de transporte, estudios de movilidad para visualizaciones en 3D. El software calcula las demoras de tiempos reales, según la calibración que se le dé.

Figura 36: VISSIM

Fuente: PTV VISSIM

3.4.2.5 Civil 3D educacional

Instrumento utilizado para procesar los datos obtenidos por la estación total en el proceso del levantamiento topográfico de la infraestructura vial. Con el cual se obtuvo datos como la pendiente de carriles, ancho de carriles, etc.

Figura 37: Civil 3D educacional



Fuente: AUTOCAD CIVIL 3D

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos:

3.5.1. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. 28 de julio – 3er paradero de Ttio

3.5.1.1 Equipo utilizado

- Cámara filmadora
- Fichas de registro
- Estación total
- Personal humano

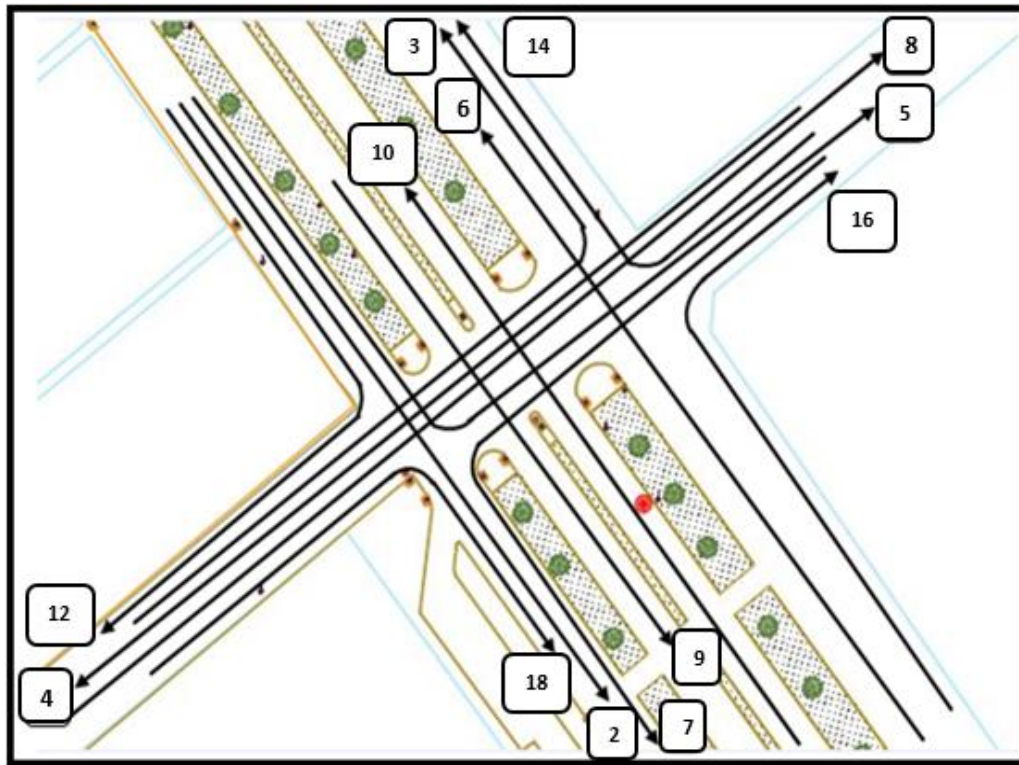
3.5.1.2 Procedimiento

3.5.1.2.1 Codificación de movimientos vehiculares

En las intersecciones de estudio se identificaron los sentidos de circulación con el fin de unificar los movimientos vehiculares y codificar los ramales de ingreso

a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada se observa en los siguientes gráficos.

Figura 38: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de la Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio

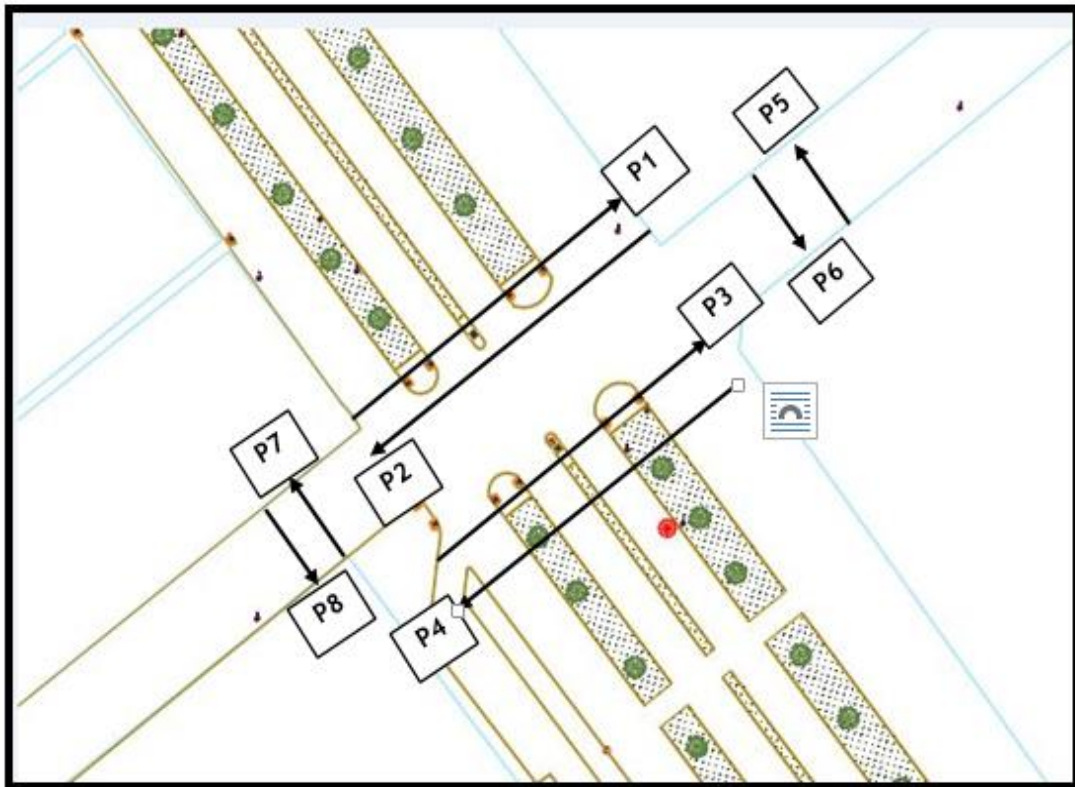


Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2.2 Codificación de movimientos peatonales

Se identificaron los sentidos de circulación peatonal con el fin de unificar dichos movimientos y codificar los ramales de acceso a cada intersección de estudio, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada es detallada en los siguientes gráficos.

Figura 39: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de la Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio.



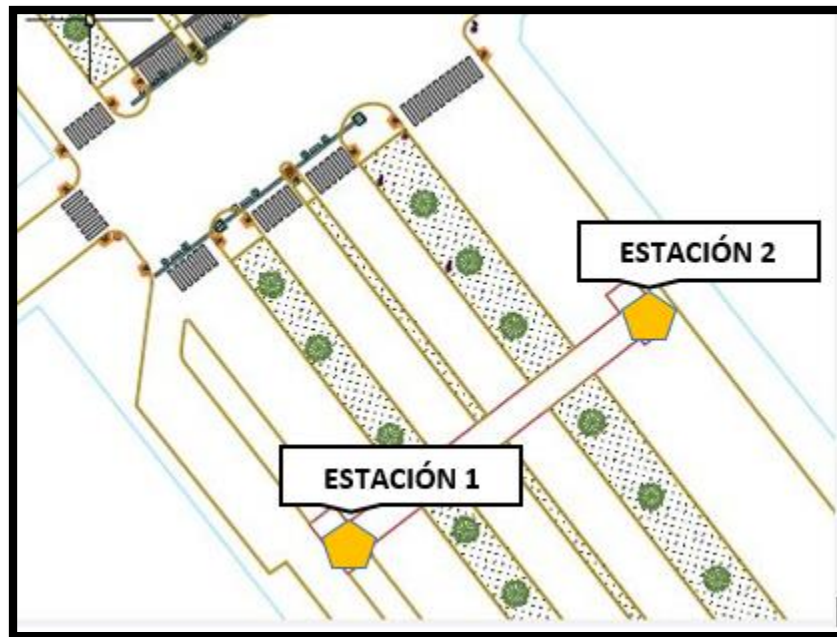
Fuente Elaboración propia

3.5.1.2.3 Identificación de puntos de aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

Las estaciones de aforo se detallan a continuación:

Figura 40 : intersección semaforizada de la av. 28 de julio - 3er paradero de ttio.



Fuente: Elaboración propia

- **Estacion N° 1** : Sentido de bajada
- **Estacion N° 2** : Sentido de subida

3.5.1.2.4 Registro fílmico

A efectos de obtener una muestra adecuada se consideró realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana de manera tal que se pudo estudiar el comportamiento del flujo vehicular en dicha intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 10:00 am., 12:00 pm – 3:00 pm, 4:00 pm – 7:00 p.m. Se buscó tener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta y así obtener información de primera mano de la vía y sus condiciones de mayor flujo vehicular.

Cabe mencionar que los aforos vehiculares y peatonales en esta intersección se realizaron del 14 al 20 de noviembre del 2016

Con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular y peatonal para registrarlos en las fichas de aforo.

**Fotografía 3: Registro Fílmico de la intersección
Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio**



Fuente: Elaboración Propia

3.5.1.2.5 Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales

La finalidad de los aforos de los volúmenes vehiculares y peatonales fue establecer la capacidad vial y el nivel de servicio que presentan las intersecciones semaforizadas en estudio: Av. 28 de Julio - 3er paradero de Ttio, Av. La cultura - Manuel prado, Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco; por medio de estos aforos se obtuvo:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- El ensayo de volúmenes vehiculares estuvo orientado a la obtención de los siguientes objetivos:

Cuantificación de la demanda de tránsito vehicular que circula por una sección transversal de una vía, durante un periodo determinado.

Fotografía 4: Volúmenes Vehiculares en la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 5: Volúmenes Peatonales en la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio



Fuente: Elaboración Propia

3.5.1.2.6 Recolección de características geométricas de la vía

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó el levantamiento topográfico de campo considerando una serie de características las cuales fueron:

- Sentido de circulación
- Ancho de calzada
- Pendiente de calzada (%)
- N° de carriles
- Ancho de carriles

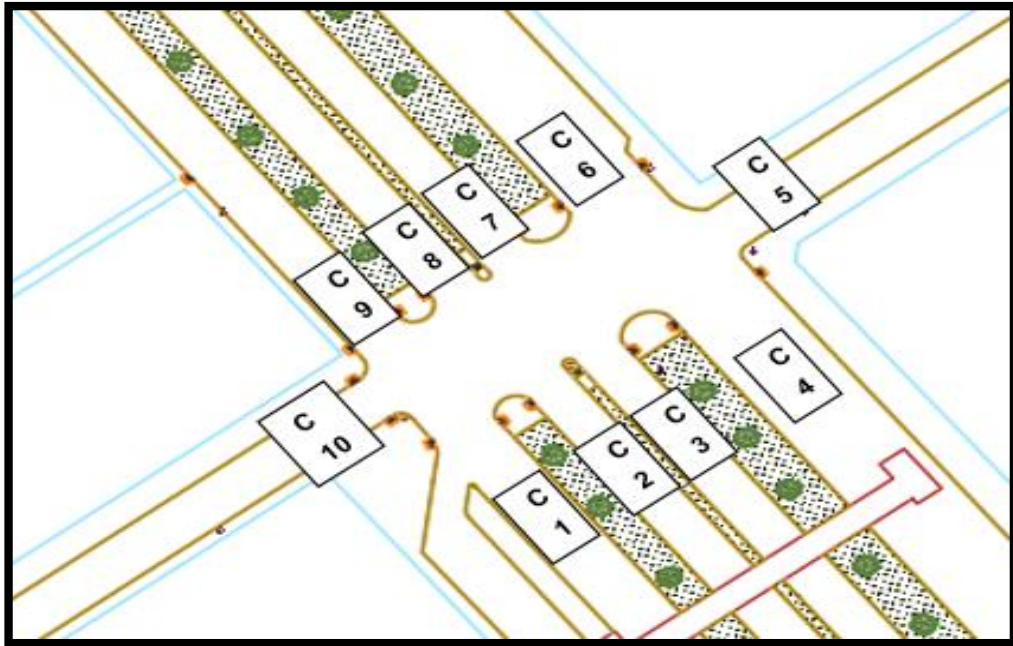
**Fotografía 6: Levantamiento Topográfico intersección
Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio**



Fuente: Elaboración Propia

Se codificó las calzadas en esta intersección existen 10 calzadas codificadas de C1 a C10 como se detalla a continuación:

Figura 41 : codificación de calzada en la intersección semaforizada Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2.7 Recolección de características semafóricas

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo.

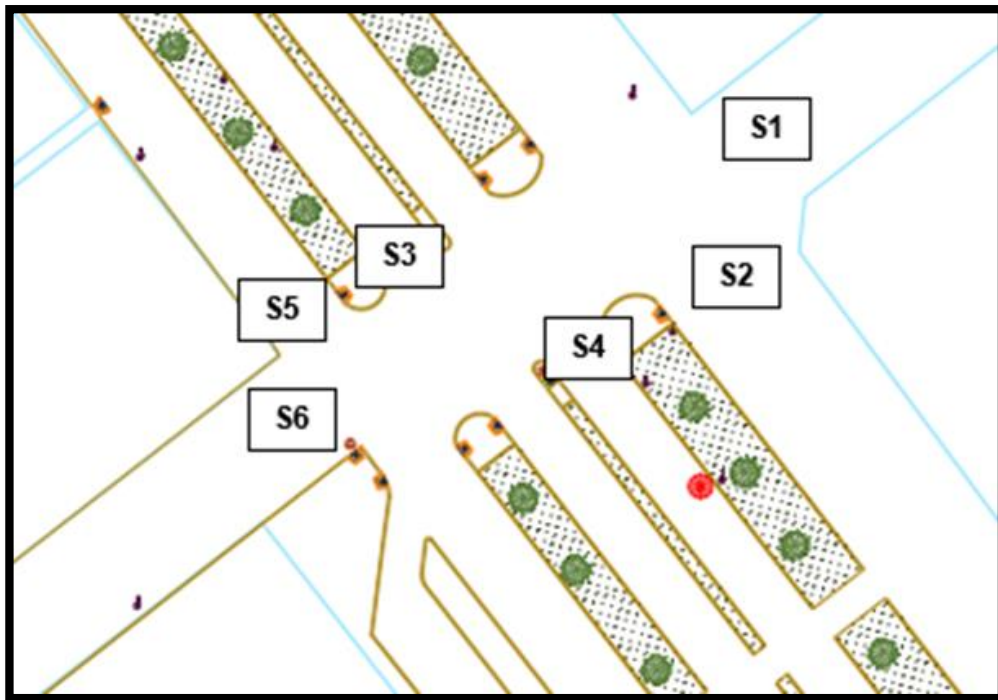
Fotografía 7: Recolección de Datos Semaforicos de la intersección Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio



Fuente: Elaboración propia

Se codifico los semáforos, esta intersección cuenta con 6 semáforos como se detalla a continuación:

Figura 42: Codificación de Semáforos, intersección av. 28 de julio- Tercer paradero de Ttio




Fuente: Elaboración Propia

3.5.1.3 Datos

Los datos de volúmenes vehicular y peatonal se encuentran el en anexo B


Los datos obtenidos fueron introducidos a la ficha correspondiente de características geométricas.

Tabla 16 : Características geométricas, C1-C9

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
	TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION	
	TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yaffo Grados	
	INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tío	NUMERO DE CALZADA C1-C9
	DIA:	22/11/2016	
	SENTIDO DE CIRCULACION	BAJADA	
	ANCHO DE CALZADA	10.60 m	
	PENDIENTE (%)	2%	
	NUMERO DE CARRILES	3	
	ANCHO DE CARRIL	3.6m	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 : Características geométrica, C2-C8

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
	TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION	
	TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yaffo Grados	
	INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tío	NUMERO DE CALZADA C2-C8
	DIA:	22/11/2016	
	SENTIDO DE CIRCULACION	BAJADA	
	ANCHO DE CALZADA	6.56 m	
	PENDIENTE (%)	-2%	
	NUMERO DE CARRILES	2	
	ANCHO DE CARRIL	3.3m	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Características geométrica, C3-C7

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
	TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION	
	TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yaffo Grados	
	INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tío	NUMERO DE CALZADA C3-C7
	DIA:	22/11/2016	
	SENTIDO DE CIRCULACION	SUBIDA	
	ANCHO DE CALZADA	6.56 m	
	PENDIENTE (%)	2%	
	NUMERO DE CARRILES	2	
	ANCHO DE CARRIL	3.3m	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Características geométrica, C4-C6

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Eiko Hiromi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tfo	NUMERO DE CALZADA	C4-C6
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	SUBIDA		
ANCHO DE CALZADA	12.95 m		
PENDIENTE (%)	2%		
NUMERO DE CARRILES	3		
ANCHO DE CARRIL	4.3m		


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Características geométrica, C5

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Eiko Hiromi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tfo	NUMERO DE CALZADA	C5
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	BAJADA		
ANCHO DE CALZADA	7.10 m		
PENDIENTE (%)	-1%		
NUMERO DE CARRILES	2		
ANCHO DE CARRIL	3.6m		

Fuente: Elaboración propia


Tabla 21: Características geométrica, C10

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Eiko Hiromi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tfo	NUMERO DE CALZADA	C10
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	SUBIDA		
ANCHO DE CALZADA	7.10 m		
PENDIENTE (%)	1%		
NUMERO DE CARRILES	2		
ANCHO DE CARRIL	3.6m		

Fuente: Elaboración propia


Los datos obtenidos fueron introducidos a la ficha correspondiente de características semafóricas

Tabla 22: Características semafóricas, S1

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yafte Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 DE JULIO- 3ER PARADERO DE TIO	CODIFICACION:	S1
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	50 s	
	AMBAR	3 s	
	VERDE	37 s	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Características semafóricas. S2

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yafte Grados		
INTERSECCION:	PROLONGACION AV. LA CULTURA- UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	CODIFICACION:	S2
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	45 s	
	AMBAR	3 s	
	VERDE	37 s	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24 : Características semafóricas, S3

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yafte Grados		
INTERSECCION:	PROLONGACION AV. LA CULTURA- UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	CODIFICACION:	S3
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	45 s	
	AMBAR	3 s	
	VERDE	37 s	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25 : Características semafóricas, S4

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palмира Bonett Peña Elko Hironi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 DE JULIO- 3ER PARADERO DE TIO	CODIFICACION:	S4
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	45 s	
	AMBAR	3 s	
	VERDE	32 s	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27 : Características semafóricas, S5

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palмира Bonett Peña Elko Hironi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	PROLONGACION AV. LA CULTURA- UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	CODIFICACION:	S5
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	45 s	
	AMBAR	3 s	
	VERDE	32 s	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Características semafóricas, S6

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palмира Bonett Peña Elko Hironi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 DE JULIO - 3 ER PARADERO DE TIO	CODIFICACION	S5
DIA:	25/11/2017		
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	45	
	AMBAR	3	
	VERDE	32	

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2. Recolección de Datos de la Intersección Semaforzada Av. La Cultura – Manuel Prado

3.5.2.1 Equipo Utilizado:

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron:

- Cámara Filmadora
- Fichas de registro
- Estación Total
- Personal Humano

3.5.2.2 Procedimiento:

3.5.2.2.1 Codificación de Movimientos Vehiculares:

En la intersección de estudio se identificaron los sentidos de circulación con el fin de unificar los movimientos vehiculares y codificar los ramales de ingreso a la intersección, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada se observa en los siguientes gráficos.

Figura 43: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de la Av. La cultura – Manuel prado.

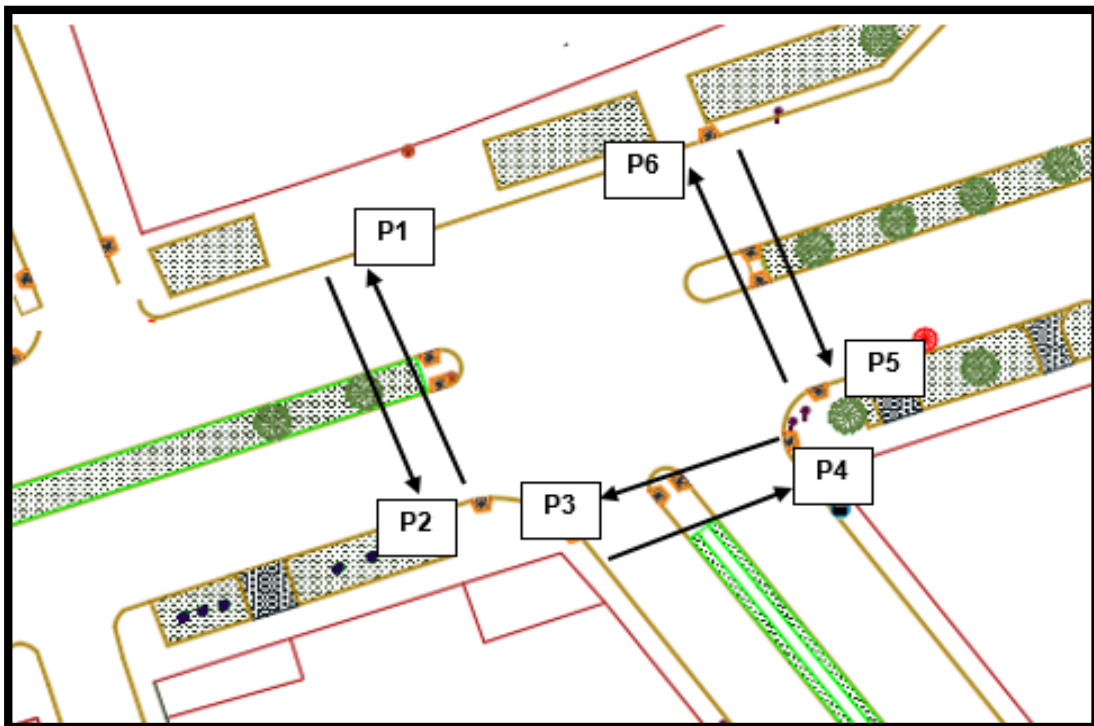


Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2.2 Codificación de movimientos peatonales

Se identificaron los sentidos de circulación peatonal con el fin de unificar dichos movimientos y codificar los ramales de acceso a la intersección de estudio, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada es detallada en los siguientes gráficos.

Figura 44: Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de la Av. La cultura- Manuel Prado.



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2.3 Identificación de Puntos de aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en la intersección semaforizada en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

Las estaciones de aforo se detallan a continuación:

Figura 45 : Puntos de Aforo de la intersección semaforizada av. la cultura - Manuel prado



Elaboración propia

- **Estación N° 1:** Sentido de bajada
- **Estación N° 2:** Sentido de subida

3.5.2.2.4 Registro Fílmico:

A efectos de obtener una muestra adecuada se consideró realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana de manera tal que se pudo estudiar el comportamiento del flujo vehicular en dicha intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 10:00am, 12:00 pm – 3:00 pm, 4:00 pm – 7:00 p.m. Se buscó tener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta y así obtener información de primera mano de la vía y sus condiciones de mayor flujo vehicular.

Cabe mencionar que los aforos vehiculares y peatonales en esta intersección se realizaron del 24 al 30 octubre del 2016.

Con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular y peatonal para registrarlos en las fichas de aforo.

**Fotografía 8: Registro Fílmico de la intersección
Av. La cultura – Manuel Prado**



Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.2.5 Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales

La finalidad de los aforos de los volúmenes vehiculares y peatonales fue establecer la capacidad vial y el nivel de servicio que presentan las intersecciones semaforizadas en estudio: Av. 28 de Julio -3er paradero de Ttio, La cultura- Manuel prado, Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco; por medio de estos aforos se obtuvo:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.

- El ensayo de volúmenes vehiculares estuvo orientado a la obtención de los siguientes objetivos:

Cuantificación de la demanda de tránsito vehicular que circula por una sección transversal de una vía, durante un periodo determinado.

Fotografía 9: Volúmenes Vehiculares en la intersección Av. La cultura – Manuel Prado



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 10: Volúmenes Peatonales en la intersección Av. La cultura – Manuel Prado



Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.2.6 Recolección de características geométricas de la vía

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó el levantamiento topográfico de campo considerando una serie de características las cuales fueron:

- Sentido de circulación
- Ancho de calzada
- Pendiente de calzada (%)
- N° de carriles
- Ancho de carriles

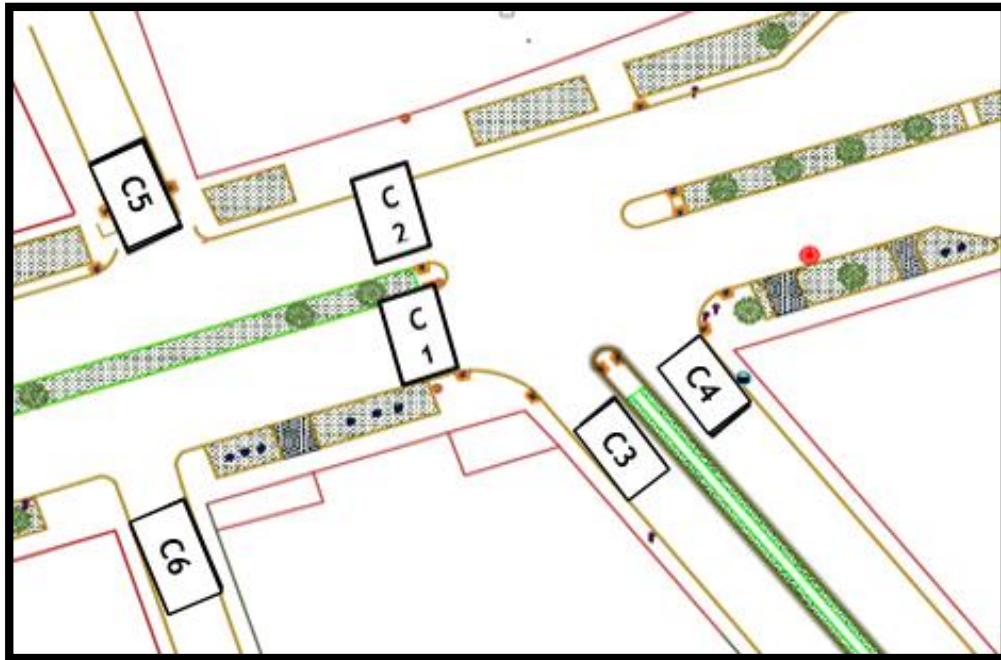
Fotografía 11: Levantamiento Topográfico de la intersección Av. La cultura – Manuel Prado



Fuente: Elaboración Propia

Se codificó las calzadas en cada intersección, dicha intersección cuenta con 6 calzadas codificadas de C1 a C6 como se detalla a continuación:

Figura 46 : Codificación de calzada en la intersección semaforizada Av. La cultura- Manuel prado



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2.7 Recolección de características semaforicas

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo.

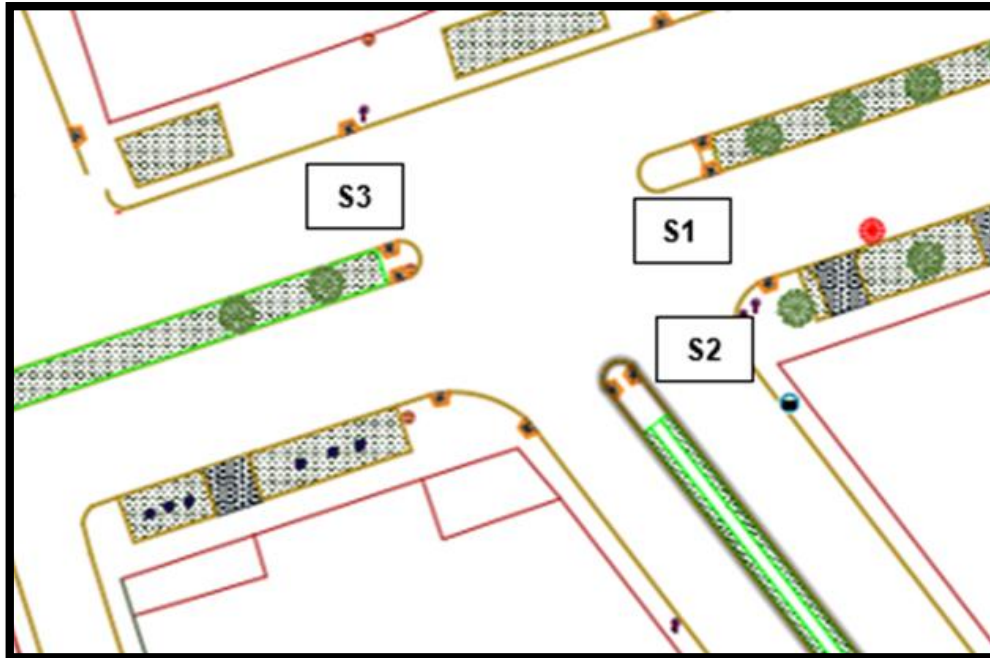
Fotografía 12: Recolección de Características Semaforicas en la intersección Av. La cultura – Manuel Prado



Fuente: Elaboración Propia

Se codifico los semáforos en cada intersección como se detalla:

Figura 47: Codificación de Semáforos, intersección av. La Cultura-Manuel Prado



Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.3 Datos:

Los volúmenes vehicular y peatonal se encuentran en las hojas de aforo en el ANEXO B


Los datos obtenidos fueron introducidos a la ficha correspondiente de características Geométricas:

Tabla 28: Características geométricas C1

FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
	TESIS:	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION	
	TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiromi Yaffo Grados	
	INTERSECCION:	Av. La cultura- Manuel Prado	NUMERO DE CALZADA C1
	DIA:	22/11/2016	
	SENTIDO DE CIRCULACION	BAJADA	
	ANCHO DE CALZADA	10.8m	
	PENDIENTE (%)	-1%	
	NUMERO DE CARRILES	3	
	ANCHO DE CARRIL	3.6m	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29 : Características geométricas C2

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yaffo Grados		
INTERSECCION:	Prolongacion Av. La cultura- universidad Andina del cusco	NUMERO DE CALZADA	C2
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	SUBIDA		
ANCHO DE CALZADA	12m		
PENDIENTE (%)	1%		
NUMERO DE CARRILES	3		
ANCHO DE CARRIL	4m		


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: Características geométricas C3

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tío	NUMERO DE CALZADA	C3
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	BAJADA		
ANCHO DE CALZADA	8m		
PENDIENTE (%)	-3%		
NUMERO DE CARRILES	2		
ANCHO DE CARRIL	4.00m		


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Características geométricas C4

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiramí Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. 28 de Julio - 3 er paradero de tío	NUMERO DE CALZADA	C4
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	SUBIDA		
ANCHO DE CALZADA	9m		
PENDIENTE (%)	3%		
NUMERO DE CARRILES	3		
ANCHO DE CARRIL	3.00m		


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32 : Características geométricas C5

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Boneff Peña Eiko Hiromi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	Av. La cultura- Manuel Prado	NUMERO DE CALZADA	C5
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	BAJADA		
ANCHO DE CALZADA	7.00m		
PENDIENTE (%)	-3%		
NUMERO DE CARRILES	2		
ANCHO DE CARRIL	3.5m		

Fuente: Elaboración Propia


Tabla 33: Características geométricas C6

FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Boneff Peña Eiko Hiromi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	Av. La cultura- Manuel Prado	NUMERO DE CALZADA	C6
DIA:	22/11/2016		
SENTIDO DE CIRCULACION	SUBIDA		
ANCHO DE CALZADA	7.0m		
PENDIENTE (%)	1%		
NUMERO DE CARRILES	2		
ANCHO DE CARRIL	3.5m		

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos fueron introducidos a la ficha correspondiente de características semafóricas:

Tabla 34: Características semafóricas S1

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Boneff Peña Eiko Hiromi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. LA CULTUR- MANUEL PRADO	CODIFICACION:	S1
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	72s	
	AMBAR	3s	
	VERDE	45s	


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: Características semafóricas S2

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiroimi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. LA CULTUR- MANUEL PRADO	CODIFICACION:	S2
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	51 s	
	AMBAR	3s	
	VERDE	SOLO GIRO A LA DERECHA: 41 s	AMBOS SENTIDOS: 22 s

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: Características semafóricas S3

FICHA DE CARACTERISTICAS SEMAFORICAS DE LA VIA			
 TESIS:	ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: AV. 28 DE JULIO - 3ER PARADERO DE TIO, AV. LA CULTURA - MANUEL PRADO, PROLONGACION AV. LA CULTURA – UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO; EN COMPARACION CON UNA INTERSECCION A DESNIVEL APLICANDO LA METODOLOGIA DEL HCM 2010 Y SOFTWARES DE SIMULACION		
TESISTAS:	Palmira Bonetti Peña Elko Hiroimi Yaffo Grados		
INTERSECCION:	AV. LA CULTUR- MANUEL PRADO	CODIFICACION:	S3
DIA:			
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO	SOLO GIRO A LA IZQUIERDA: 45 s	AMBOS SENTIDOS:32 s
	AMBAR	3 s	
	VERDE	SOLO SENTIDO DE FRENTE: 45 s	AMBOS SENTIDOS:37 s

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3. Recolección de Datos de la Intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco

3.5.3.1 Equipo Utilizado:

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron:

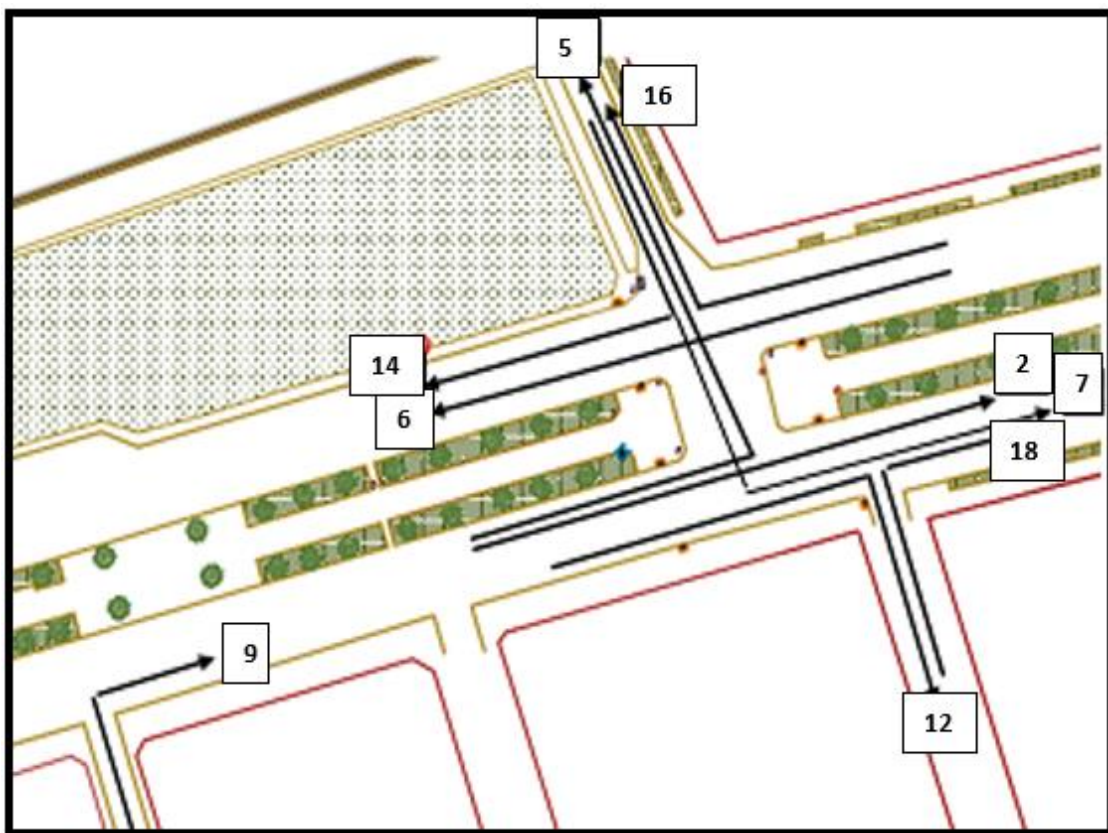
- Cámara Filmadora
- Fichas de registro
- Estación Total
- Personal Humano

3.5.3.2 Procedimiento:

3.5.3.2.1 Codificación de Movimientos Vehiculares:

En la intersección de estudio se identificaron los sentidos de circulación con el fin de unificar los movimientos vehiculares y codificar los ramales de ingreso a la intersección, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada se observa en los siguientes gráficos.

Figura 48: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada de la Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco.

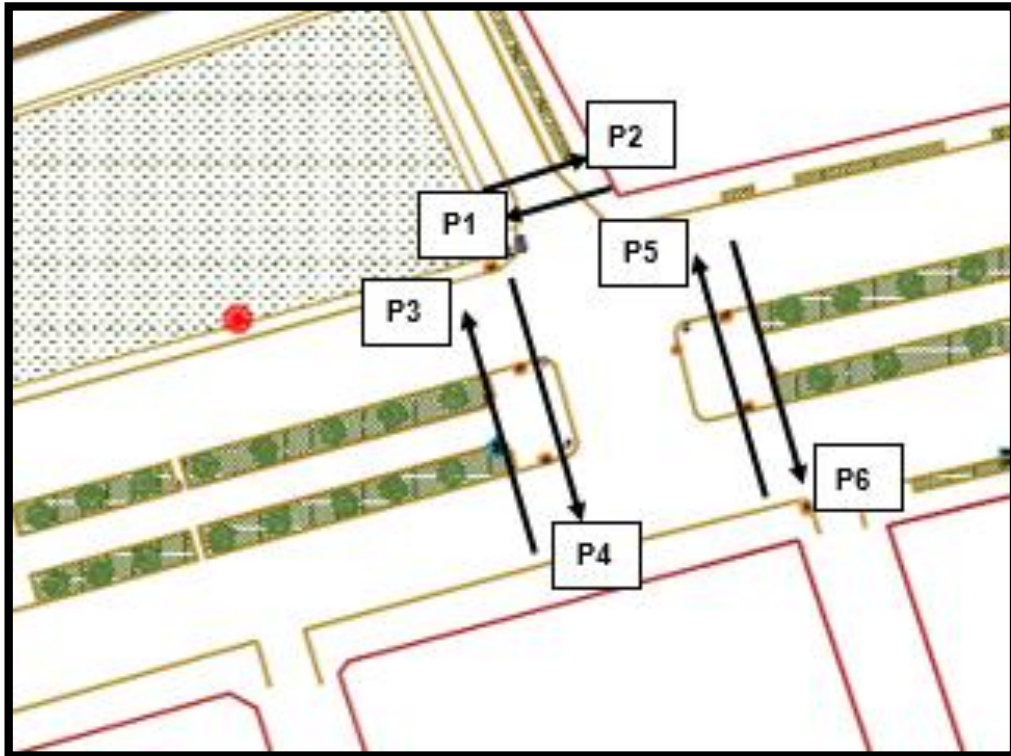


Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2.2 Codificación de movimientos peatonales

Se identificaron los sentidos de circulación peatonal con el fin de unificar dichos movimientos y codificar los ramales de acceso a la intersección de estudio, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada es detallada en los siguientes gráficos.

Figura 49 : Codificación de movimientos peatonales en la intersección semaforizada de la Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco



Elaboración propia

3.5.3.2.3 Identificación de Puntos de aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en la intersección semaforizada en estudio. Tomando en cuenta una posición estratégica para una adecuada toma de datos.

Las estaciones de aforo se detallan a continuación: