



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



**UAC**

**TESIS**

---

**"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"**

---

**Presentado por:**

**Bachiller: Calloquispe Arias, Mario Deivis**

**Para optar al Título de Profesional de  
Ingeniero Civil**

**Asesor: Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez  
Montesinos**

**CUSCO-PERÚ**

**2019**



### **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mis padres Mario y Zoila, ya que ellos me dieron el apoyo incondicional que necesite para realizar este objetivo en mi vida profesional.

Mario Deivis Calloquispe Arias



## **AGRADECIMIENTO**

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 Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez por aceptar la tutoría de la tesis de investigación.

Mario Deivis Calloquispe Arias



## RESUMEN

### Metodología Utilizada

La presente investigación tiene como objetivo la comparación de dos metodologías para el cálculo de las demoras y niveles de servicio. La primera de carácter determinístico (USANDO SOFTWARE SYNCHRO) usando las formulas y principios del método del manual de capacidad vial HCM 2010, mientras que la segunda usa un método de Seguimiento Vehicular creado en Alemania por la marca PTV, que consiste en la microsimulación de un entorno virtual de tráfico y que es usado en América del Norte y Sur, así como en toda Europa.

### Resultados Obtenidos

Como resultados tenemos que los valores de demoras obtenidas en ambos casos son parecidos, siendo los datos de entrada los mismos para ambos casos, la complejidad de la microsimulación nos permite afinar cálculos y modelar comportamientos de la circulación vehicular con mayor precisión, dado que el método determinístico se limita a geometrías típicas del manual de capacidad vial. En las tablas comparativas se muestra que las hipótesis se cumplen parcialmente para la mayoría de intersecciones, con la diferencia dentro el 5%, mientras que el total no supera una diferencia del 10% en cuanto al valor de las demoras.

### Conclusiones

Se concluye que las hipótesis planteadas se cumplen parcialmente debido a factores propios de la metodología de cálculo de demoras. Sin embargo, la diferencia entre métodos no supera el 10%, lo que nos da la suficiente precisión para usar ambos paquetes para analizar intersecciones con características estandarizadas de geometría y semaforización. Mientras que para intersecciones atípicas, con geometrías caprichosas o comportamiento complejos como el que se tiene en paraderos y otras instalaciones se recomienda usar únicamente la microsimulación en VISSIM, ya que tiene mayor flexibilidad que el método determinístico.

Palabras clave: Microsimulación, determinística, HCM, demoras, niveles de servicio, VISSIM.



## ABSTRAC

### Methodology Used

This research aims to compare two methodologies for calculating delays and service levels. The first of a deterministic nature (USING SYNCHRO SOFTWARE) using the formulas and principles of the HCM 2010 road capacity manual method, while the second uses a Vehicle Tracking method created in Germany by the PTV brand, which consists of the microsimulation of a virtual traffic environment and that is used in North and South America, as well as throughout Europe.

### Results Obtained

As results we have that the values of the delays obtained in both cases are similar, the input data being the same for both cases, the complexity of microsimulation allows us to refine tests and modeling behaviors of vehicular traffic with greater precision, given that the Deterministic method is limited to typical geometries of the road capacity manual. The comparative tables show that the hypotheses are found specifically for the majority of intersections, with the difference within 5%, while the total does not exceed a difference of 10% in terms of the value of delays.

### Conclusions

It is concluded that the hypotheses raised are specifically considered due to factors specific to the methodology for calculating delays. However, the difference between methods does not exceed 10%, which gives us enough precision to use both packages to analyze intersections with standardized geometry and traffic light characteristics. While for atypical intersections, with capricious geometries or complex behavior such as the one in whereabouts and other facilities it is recommended to use microsimulation in VISSIM, since it has greater flexibility than the deterministic method.

Keywords: Microsimulation, deterministica, HCM delays, service levels, VISSIM.



## 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 en todas las intersecciones semaforizadas en toda la Av. de la Cultura de la ciudad del Cusco.

Se realizó la determinación de los niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas en toda la avenida con los métodos determinístico HCM y de seguimiento vehicular VISSIM, donde se realiza la comparación de resultados de los niveles de servicio en cada intersección 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.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRAC.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XX
1. 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.....	2
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.2.1. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA GENERAL.....	3
1.1.2.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	4
1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD.....	4
1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA.....	4
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1. LIMITACIONES POR ESPACIO:.....	4
1.3.2. LIMITACIONES POR TIEMPO:.....	5
1.3.3. LIMITACIONES POR DATOS:.....	5
1.3.4. LIMITACIONES EN CUANTO AL ANÁLISIS:.....	5
1.3.5. LIMITACIONES POR SOFTWARE:.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	6
1.5.2. SUB HIPÓTESIS.....	6
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS.....	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS.....	8



2.1.1.	ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.....	8
2.1.2.	ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL .....	9
2.2.	BASES TEÓRICO – CIENTÍFICAS.....	10
2.2.1.	INGENIERÍA DE TRÁNSITO:.....	10
2.2.2.	ELEMENTOS BÁSICOS DE LA INGENIERA DE TRÁNSITO .....	10
2.3.	CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL URBANO .....	15
2.3.1.	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS.....	15
2.3.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS .....	16
2.3.3.	VÍAS EXPRESAS .....	16
2.3.4.	VÍAS ARTERIALES .....	17
2.3.5.	VÍAS COLECTORAS .....	18
2.3.6.	VÍAS LOCALES .....	18
2.3.7.	VÍAS DE DISEÑO ESPECIAL .....	19
2.4.	INTERSECCIONES VIALES.....	22
2.4.1.	TIPOS DE INTERSECCIONES VIALES.....	22
2.4.1.1.	INTERSECCIONES A NIVEL .....	22
2.4.1.1.1.	CRITERIOS DE DISEÑO.....	23
2.4.1.1.2.	ELEMENTOS CANALIZADORES Y REGULADORES .....	24
2.4.1.1.3.	TIPOLOGÍA DE INTERSECCIONES A NIVEL.....	25
2.4.1.1.4.	INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA.....	29
2.4.1.1.5.	INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS .....	32
2.4.1.2.	INTERSECCIONES A DESNIVEL .....	32
2.5.	DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO.....	33
2.5.1.	CLASIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE CONTROL .....	33
2.5.1.1.	SEÑALES VERTICALES.....	33
2.5.1.2.	SEÑALES HORIZONTALES .....	34
2.6.	TEORÍA DE COLAS .....	34
2.7.	CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO .....	34
2.7.1.	CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	34
2.7.2.	NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	35
2.8.	METODOLOGÍA DEL HCM.....	35
2.8.1.	ANÁLISIS OPERACIONAL .....	35
2.8.2.	DATOS DE ENTRADA.....	36
2.8.3.	AJUSTE DE LA DEMANDA.....	36
2.8.3.1.	AGRUPAMIENTO DE CARRILES.....	36
2.8.3.2.	DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FLUJO .....	37
2.8.4.	AJUSTE DE LA OFERTA .....	38
2.8.4.1.	DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN .....	38





2.8.4.2.	FACTORES DE AJUSTE DEL FLUJO DE SATURACIÓN .....	38
2.8.4.2.1.	AJUSTE POR ANCHO DE CARRIL (FW).....	38
2.8.4.2.2.	AJUSTE POR VEHÍCULOS PESADOS (FHV).....	38
2.8.4.2.3.	AJUSTE POR PENDIENTE DEL ACCESO (FG).....	39
2.8.4.2.4.	AJUSTE POR ESTACIONAMIENTOS (FP).....	39
2.8.4.2.5.	AJUSTE POR BLOQUEO DE BUSES (FBB).....	39
2.8.4.2.6.	AJUSTE POR TIPO DE ÁREA (FA).....	39
2.8.4.2.7.	AJUSTE POR UTILIZACIÓN DE CARRIL (FLU).....	39
2.8.4.2.8.	AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA (FLT).....	39
2.8.4.2.9.	AJUSTE POR PEATONES Y BICICLETAS (FLPB Y FRPB).....	40
2.8.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y LA RELACIÓN V/C .....	42
2.8.5.1.	CAPACIDAD .....	42
2.8.5.2.	RELACIÓN V/C .....	42
2.8.6.	MEDIDAS DE EFECTIVIDAD .....	42
2.8.6.1.	DETERMINACIÓN DE LA DEMORA.....	42
2.8.6.2.	DEMORA UNIFORME .....	43
2.8.6.3.	FACTOR DE AJUSTE POR COORDINACIÓN .....	44
2.8.6.4.	DEMORA INCREMENTAL.....	45
2.8.6.5.	DEMORA POR COLA INICIAL .....	46
2.8.7.	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO.....	46
2.9.	SYNCHRO STUDIO 8.....	46
2.9.1.	ANÁLISIS.....	47
2.9.2.	COORDINAR Y OPTIMIZAR.....	47
2.9.3.	LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	47
2.10.	MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN PTV VISSIM.....	47
2.10.1.	CASOS DE APLICACIÓN DE PTV VISSIM .....	48
2.10.1.1.	INTERSECCIONES .....	48
3.	CAPITULO III: METODOLOGIA .....	50
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	50
3.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1.3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	50
3.2.1.	DISEÑO METODOLÓGICO: .....	50
3.2.2.	DISEÑO DE INGENIERÍA .....	50
3.3.	UNIVERSO Y MUESTRA .....	52
3.3.1.	UNIVERSO.....	52
3.3.1.1.	DESCRIPCIÓN DEL UNIVERSO.....	52



3.3.1.2.	CUANTIFICACIÓN DEL UNIVERSO.....	52
3.3.2.	MUESTRA .....	52
3.3.2.1.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA .....	52
3.3.2.2.	CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: .....	52
3.3.2.3.	MÉTODO DE MUESTREO:.....	53
3.3.2.4.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE MUESTRA: .....	53
3.3.3.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN: .....	53
3.4.	INSTRUMENTOS: .....	53
3.4.1.	INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: .....	53
3.4.1.1.	FICHA DE AFORO VEHICULAR.....	53
3.4.1.2.	FICHA DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....	54
3.4.1.3.	FICHA DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS DE LA VÍA .....	55
3.4.2.	INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA:.....	55
3.4.2.1.	CÁMARA FILMADORA:.....	55
3.4.2.2.	CINTA MÉTRICA .....	56
3.4.2.3.	CRONOMETRO.....	56
3.4.2.4.	SYNCHRO.....	57
3.4.2.5.	VISSIM.....	57
3.5.	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: .....	58
3.5.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA CON AV. TACNA Y CALLEJÓN RETIRO.....	58
3.5.1.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	58
3.5.1.2.	PROCEDIMIENTOS .....	58
3.5.1.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	58
3.5.1.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	59
3.5.1.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	59
3.5.1.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	60
3.5.1.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	61
3.5.1.3.	DATOS .....	61
3.5.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA - AV. MARISCAL GAMARRA.....	62
3.5.2.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	62
3.5.2.2.	PROCEDIMIENTOS .....	62
3.5.2.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	62
3.5.2.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	63
3.5.2.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	63
3.5.2.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	64
3.5.2.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	65
3.5.2.3.	DATOS.....	65



3.5.3.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA - AV. UNIVERSITARIA .....	66
3.5.3.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	66
3.5.3.2.	PROCEDIMIENTOS .....	66
3.5.3.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	66
3.5.3.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	67
3.5.3.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	67
3.5.3.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	68
3.5.3.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	69
3.5.3.3.	DATOS .....	69
3.5.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – AV. HERMANOS AYAR 70	
3.5.4.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	70
3.5.4.2.	PROCEDIMIENTOS .....	70
3.5.4.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	70
3.5.4.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	71
3.5.4.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	71
3.5.4.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	72
3.5.4.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	73
3.5.4.3.	DATOS .....	74
3.5.5.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – AV. PROLONGACIÓN WAYRUROPATA. ....	74
3.5.5.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	74
3.5.5.2.	PROCEDIMIENTOS .....	74
3.5.5.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	74
3.5.5.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	75
3.5.5.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	75
3.5.5.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	76
3.5.5.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	77
3.5.5.3.	DATOS .....	77
3.5.6.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – AV. SACSAYHUAMAN .....	78
3.5.6.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	78
3.5.6.2.	PROCEDIMIENTOS .....	78
3.5.6.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	78
3.5.6.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	79
3.5.6.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	79
3.5.6.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	80
3.5.6.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	81
3.5.6.3.	DATOS .....	81



3.5.7.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – JR. RICARDO PALMA	82
3.5.7.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	82
3.5.7.2.	PROCEDIMIENTOS .....	82
3.5.7.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	82
3.5.7.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	83
3.5.7.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	83
3.5.7.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	84
3.5.7.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	85
3.5.7.3.	DATOS .....	85
3.5.8.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – AV. JOSÉ GABRIEL COSÍO.....	86
3.5.8.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	86
3.5.8.2.	PROCEDIMIENTOS .....	86
3.5.8.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	86
3.5.8.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	86
3.5.8.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	87
3.5.8.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	87
3.5.8.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	88
3.5.8.3.	DATOS .....	88
3.5.9.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – AV. PERÚ.....	89
3.5.9.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS.....	89
3.5.9.2.	PROCEDIMIENTOS .....	89
3.5.9.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	89
3.5.9.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	90
3.5.9.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	90
3.5.9.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	91
3.5.9.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	92
3.5.9.3.	DATOS .....	93
3.5.10.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA – URB. SANTA ÚRSULA	93
3.5.10.1.	EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS .....	93
3.5.10.2.	PROCEDIMIENTOS .....	93
3.5.10.2.1.	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS VEHICULARES .....	93
3.5.10.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE AFORO.....	94
3.5.10.2.3.	REGISTRO FÍLMICO.....	94
3.5.10.2.4.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA .....	95
3.5.10.2.5.	RECOLECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS .....	96
3.5.10.3.	DATOS.....	96



3.6.	PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	97
3.6.1.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- CALLEJÓN RETIRO. 97	
3.6.1.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA: .....	97
3.6.1.1.1.	PROCESAMIENTO. ....	97
3.6.1.1.2.	DIAGRAMA.....	97
3.6.1.1.3.	CONCLUSIONES .....	98
3.6.1.2.	VARIACIÓN HORARIA .....	98
3.6.1.2.1.	PROCESAMIENTO .....	98
3.6.1.2.2.	DIAGRAMA.....	98
3.6.1.2.3.	CONCLUSIÓN .....	99
3.6.1.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	99
3.6.1.3.1.	PROCESAMIENTO .....	99
3.6.1.3.2.	DIAGRAMA.....	99
3.6.1.3.3.	CONCLUSIÓN .....	100
3.6.1.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	100
3.6.1.4.1.	PROCESAMIENTO .....	100
3.6.1.4.2.	DIAGRAMA.....	101
3.6.1.4.3.	CONCLUSIÓN .....	101
3.6.1.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	102
3.6.1.5.1.	PROCESAMIENTO .....	102
3.6.1.5.2.	CONCLUSIONES .....	105
3.6.1.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM.....	105
3.6.1.6.1.	PROCESAMIENTO .....	105
3.6.1.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE PTV VISSIM (VERKEHR IN STANDTEN SIMULATION Ó SIMULACIÓN DE VEHÍCULOS EN CIUDADES):.....	105
3.6.1.6.2.	CONCLUSIONES .....	107
3.6.2.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- AV. MARISCAL GAMARRA.....	107
3.6.2.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA: .....	107
3.6.2.1.1.	PROCESAMIENTO. ....	107
3.6.2.1.2.	DIAGRAMA.....	108
3.6.2.1.3.	CONCLUSIONES .....	108
3.6.2.2.	VARIACIÓN HORARIA .....	108
3.6.2.2.1.	PROCESAMIENTO .....	108
3.6.2.2.2.	DIAGRAMA.....	109
3.6.2.2.3.	CONCLUSIÓN .....	109
3.6.2.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	109
3.6.2.3.1.	PROCESAMIENTO .....	109



3.6.2.3.2.	DIAGRAMA.....	110
3.6.2.3.3.	CONCLUSIÓN .....	110
3.6.2.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	110
3.6.2.4.1.	PROCESAMIENTO .....	110
3.6.2.4.2.	DIAGRAMA.....	111
3.6.2.4.3.	CONCLUSIÓN .....	111
3.6.2.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	112
3.6.2.5.1.	PROCESAMIENTO .....	112
3.6.2.5.2.	CONCLUSIONES .....	115
3.6.2.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM. ....	115
3.6.2.6.1.	PROCESAMIENTO .....	115
3.6.2.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM: .....	115
3.6.2.6.2.	CONCLUSIONES .....	117
3.6.3.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- AV. UNIVERSITARIA. ....	117
3.6.3.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA: .....	117
3.6.3.1.1.	PROCESAMIENTO. ....	117
3.6.3.1.2.	DIAGRAMA.....	118
3.6.3.1.3.	CONCLUSIONES .....	118
3.6.3.2.	VARIACIÓN HORARIA .....	118
3.6.3.2.1.	PROCESAMIENTO .....	118
3.6.3.2.2.	DIAGRAMA.....	118
3.6.3.2.3.	CONCLUSIÓN .....	119
3.6.3.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR. ....	119
3.6.3.3.1.	PROCESAMIENTO .....	119
3.6.3.3.2.	DIAGRAMA.....	119
3.6.3.3.3.	CONCLUSIÓN .....	120
3.6.3.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	120
3.6.3.4.1.	PROCESAMIENTO .....	120
3.6.3.4.2.	DIAGRAMA.....	121
3.6.3.4.3.	CONCLUSIÓN .....	121
3.6.3.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	121
3.6.3.5.1.	PROCESAMIENTO .....	121
3.6.3.5.2.	CONCLUSIONES .....	125
3.6.3.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM. ....	125
3.6.3.6.1.	PROCESAMIENTO .....	125
3.6.3.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM: .....	125



3.6.3.6.2.	CONCLUSIONES.....	127
3.6.4.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- AV. VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE.....	127
3.6.4.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA:.....	127
3.6.4.1.1.	PROCESAMIENTO.....	127
3.6.4.1.2.	DIAGRAMA.....	127
3.6.4.1.3.	CONCLUSIONES.....	128
3.6.4.2.	VARIACIÓN HORARIA.....	128
3.6.4.2.1.	PROCESAMIENTO.....	128
3.6.4.2.2.	DIAGRAMA.....	128
3.6.4.2.3.	CONCLUSIÓN.....	129
3.6.4.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	129
3.6.4.3.1.	PROCESAMIENTO.....	129
3.6.4.3.2.	DIAGRAMA.....	129
3.6.4.3.3.	CONCLUSIÓN.....	130
3.6.4.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.....	130
3.6.4.4.1.	PROCESAMIENTO.....	130
3.6.4.4.2.	DIAGRAMA.....	131
3.6.4.4.3.	CONCLUSIÓN.....	131
3.6.4.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0).....	132
3.6.4.5.1.	PROCESAMIENTO.....	132
3.6.4.5.2.	CONCLUSIONES.....	135
3.6.4.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM.....	135
3.6.4.6.1.	PROCESAMIENTO.....	135
3.6.4.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM:.....	135
3.6.4.6.2.	CONCLUSIÓN.....	137
3.6.5.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- AV. DIAGONAL.....	137
3.6.5.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA:.....	137
3.6.5.1.1.	PROCESAMIENTO.....	137
3.6.5.1.2.	DIAGRAMA.....	138
3.6.5.1.3.	CONCLUSIONES.....	138
3.6.5.2.	VARIACIÓN HORARIA.....	138
3.6.5.2.1.	PROCESAMIENTO.....	138
3.6.5.2.2.	DIAGRAMA.....	139
3.6.5.2.3.	CONCLUSIÓN.....	139
3.6.5.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	139
3.6.5.3.1.	PROCESAMIENTO.....	139
3.6.5.3.2.	DIAGRAMA.....	140



3.6.5.3.3.	CONCLUSIÓN .....	140
3.6.5.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	140
3.6.5.4.1.	PROCESAMIENTO .....	140
3.6.5.4.2.	DIAGRAMA.....	141
3.6.5.4.3.	CONCLUSIÓN .....	141
3.6.5.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	142
3.6.5.5.1.	PROCESAMIENTO .....	142
3.6.5.5.2.	CONCLUSIONES .....	145
3.6.5.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM. ....	145
3.6.5.6.1.	PROCESAMIENTO .....	145
3.6.5.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM: .....	145
3.6.5.6.2.	CONCLUSIONES .....	147
3.6.6.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- AV. JOSÉ GABRIEL 147	
3.6.6.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA: .....	147
3.6.6.1.1.	PROCESAMIENTO. ....	147
3.6.6.1.2.	DIAGRAMA.....	148
3.6.6.1.3.	CONCLUSIONES .....	148
3.6.6.2.	VARIACIÓN HORARIA .....	148
3.6.6.2.1.	PROCESAMIENTO .....	148
3.6.6.2.2.	DIAGRAMA.....	148
3.6.6.2.3.	CONCLUSIÓN .....	149
3.6.6.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR. ....	149
3.6.6.3.1.	PROCESAMIENTO .....	149
3.6.6.3.2.	DIAGRAMA.....	149
3.6.6.3.3.	CONCLUSIÓN .....	150
3.6.6.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	150
3.6.6.4.1.	PROCESAMIENTO .....	150
3.6.6.4.2.	DIAGRAMA.....	151
3.6.6.4.3.	CONCLUSIÓN .....	151
3.6.6.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	152
3.6.6.5.1.	PROCESAMIENTO .....	152
3.6.6.5.2.	CONCLUSIONES .....	155
3.6.6.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM. ....	155
3.6.6.6.1.	PROCESAMIENTO .....	155
3.6.6.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM: .....	155
3.6.6.6.2.	CONCLUSIONES .....	157





3.6.7.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- AV. PERÚ.....	158
3.6.7.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA: .....	158
3.6.7.1.1.	PROCESAMIENTO. ....	158
3.6.7.1.2.	DIAGRAMA.....	158
3.6.7.1.3.	CONCLUSIONES .....	158
3.6.7.2.	VARIACIÓN HORARIA .....	159
3.6.7.2.1.	PROCESAMIENTO .....	159
3.6.7.2.2.	DIAGRAMA.....	159
3.6.7.2.3.	CONCLUSIÓN .....	159
3.6.7.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR. ....	160
3.6.7.3.1.	PROCESAMIENTO .....	160
3.6.7.3.2.	DIAGRAMA.....	160
3.6.7.3.3.	CONCLUSIÓN .....	160
3.6.7.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	161
3.6.7.4.1.	PROCESAMIENTO .....	161
3.6.7.4.2.	DIAGRAMA.....	161
3.6.7.4.3.	CONCLUSIÓN .....	162
3.6.7.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	162
3.6.7.5.1.	PROCESAMIENTO .....	162
3.6.7.5.2.	CONCLUSIONES .....	165
3.6.7.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM. ....	165
3.6.7.6.1.	PROCESAMIENTO .....	165
3.6.7.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM: .....	165
3.6.7.6.2.	CONCLUSIONES .....	167
3.6.8.	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA AV. LA CULTURA- URB. SANTA ÚRSULA	167
3.6.8.1.	DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DIARIA: .....	167
3.6.8.1.1.	PROCESAMIENTO. ....	167
3.6.8.1.2.	DIAGRAMA.....	168
3.6.8.1.3.	CONCLUSIONES .....	168
3.6.8.2.	VARIACIÓN HORARIA .....	168
3.6.8.2.1.	PROCESAMIENTO .....	168
3.6.8.2.2.	DIAGRAMA.....	169
3.6.8.2.3.	CONCLUSIÓN .....	169
3.6.8.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR. ....	169
3.6.8.3.1.	PROCESAMIENTO .....	169
3.6.8.3.2.	DIAGRAMA.....	170
3.6.8.3.3.	CONCLUSIÓN .....	170



3.6.8.4.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	170
3.6.8.4.1.	PROCESAMIENTO .....	170
3.6.8.4.2.	DIAGRAMA.....	171
3.6.8.4.3.	CONCLUSIÓN .....	171
3.6.8.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010 Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN (SYNCHRO 8.0) .....	172
3.6.8.5.1.	PROCESAMIENTO .....	172
3.6.8.5.2.	CONCLUSIONES .....	175
3.6.8.6.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN VISSIM.....	175
3.6.8.6.1.	PROCESAMIENTO .....	175
3.6.8.6.1.1.	SIMULACIÓN POR SOFTWARE VISSIM: .....	175
3.6.8.6.2.	CONCLUSIONES .....	176
4.	CAPÍTULO IV - RESULTADOS.....	178
4.1.	SEGÚN EL HCM APLICADO CON EL PROGRAMA SYNCHRO.....	178
4.2.	SEGÚN LA MODELACIÓN POR SEGUIMIENTO VEHICULAR VISSIM.....	178
4.3.	PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN .....	180
4.3.1.	OPTIMIZACIÓN DE OLA VERDE. ....	180
4.3.2.	RESULTADOS. ....	181
5.	CAPÍTULO V – DISCUSIONES.....	182
6.	GLOSARIO .....	183
7.	CONCLUSIONES.....	185
8.	RECOMENDACIONES.....	187
9.	REFERENCIAS .....	188
10.	ANEXOS .....	189



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas .....	19
Tabla 2. Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas .....	35
Tabla 3. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas .....	36
Tabla 4. Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizadas (TRB, 2000, p. 16-7).....	37
Tabla 5. Factores de ajuste del flujo de saturación (TRB, 2000, p. 16-11) .....	41
Tabla 6. Factor de ajuste por coordinación para el cálculo de la demora uniforme (TRB, 2010, p. 16-20).....	45
Tabla 7: Ficha de aforo vehicular.....	54
Tabla 8: Formato de ficha de características geométricas de la vía .....	54
Tabla 9: Formato de ficha de características semafóricas de la vía .....	55
Tabla 10: Características geométricas .....	62
Tabla 11: Características geométricas .....	66
Tabla 12: Características geométricas .....	70
Tabla 13: Características geométricas .....	74
Tabla 14: Características geométricas .....	78
Tabla 15: Características geométricas .....	82
Tabla 16: Características geométricas .....	85
Tabla 17: Características geométricas .....	89
Tabla 18: Características geométricas .....	93
Tabla 19: Características geométricas .....	97
Tabla 20: Volúmenes diarios de la intersección semaforizada .....	97
Tabla 21: Volúmenes horarios de la intersección .....	98
Tabla 22. Composición Vehicular de la Intersección.....	99
Tabla 23: Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada .....	101
Tabla 24: Factor de la hora de máxima demanda de la intersección .....	101
Tabla 25. Resultados de modelación VISSIM.....	107
Tabla 26: Volúmenes Diarios de la Intersección Semaforizada .....	108
Tabla 27: Volúmenes Horarios de la Intersección Semaforizada.....	108
Tabla 28: Composición Vehicular de la Intersección Semaforizada .....	109
Tabla 29: Volumen cada 15 min de la Intersección Semaforizada.....	111
Tabla 30: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección Semaforizada.....	111
Tabla 31. Resultados de modelación VISSIM.....	117
Tabla 32: Volúmenes Diarios de la Intersección Semaforizada .....	117
Tabla 33: Volúmenes Horarios de la Intersección Semaforizada.....	118
Tabla 34: Composición Vehicular de la Intersección Semaforizada .....	119



Tabla 35: Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada.....	120
Tabla 36: Factor de la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada .....	121
Tabla 37. Resultados de modelación VISSIM.....	127
Tabla 38: Volúmenes diarios de la intersección semaforizada .....	127
Tabla 39: Volúmenes horarios de la intersección semaforizada.....	128
Tabla 40: Composición vehicular de la intersección semaforizada, por movimiento de Circulación.....	129
Tabla 41: Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada.....	131
Tabla 42: Factor de la hora de máxima demanda de intersección semaforizada .....	131
Tabla 43. Resultados de modelación VISSIM. ....	137
Tabla 44:Volúmenes Diarios de la Intersección Semaforizada .....	138
Tabla 45: Volúmenes Horarios de la Intersección Semaforizada.....	138
Tabla 46: Composición Vehicular de la Intersección Semaforizada, por movimiento de Circulación.....	139
Tabla 47: Volumen cada 15 min de la Intersección Semaforizada.....	141
Tabla 48: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección Semaforizada.....	141
Tabla 49. Resultados de modelación VISSIM. ....	147
Tabla 50: Volúmenes Diarios de la Intersección Semaforizada Av. La Cultura- Av. José Gabriel. .....	148
Tabla 51: Volúmenes Horarios de la Intersección .....	148
Tabla 52: Composición Vehicular de la Intersección, por movimiento de Circulación.....	149
Tabla 53: Volumen cada 15 min de la Intersección .....	151
Tabla 54: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección.....	151
Tabla 55. Resultados de modelación VISSIM.....	157
Tabla 56: Volúmenes Diarios de la Intersección .....	158
Tabla 57: Volúmenes Horarios de la Intersección .....	159
Tabla 58: Composición Vehicular de la Intersección, por movimiento de Circulación.....	160
Tabla 59: Volumen cada 15 min de la Intersección .....	161
Tabla 60: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección.....	161
Tabla 61. Resultado de modelación VISSIM. ....	167
Tabla 62:Volúmenes Diarios de la Intersección.....	168
Tabla 63:Volúmenes Horarios de la Intersección .....	168
Tabla 64: Composición Vehicular de la Intersección, por movimiento de Circulación.....	169
Tabla 65: Volumen cada 15 min de la Intersección .....	171
Tabla 66: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección.....	171
Tabla 67. Resultados de modelación VISSIM. ....	177
Tabla 68: Tabla de Niveles de Servicio según el SYNCHRO.....	178



<b>Tabla 69: Tabla de Niveles de Servicio según el VISSIM.....</b>	<b>179</b>
<b>Tabla 70. Comparación de resultados SYNCRO – VISSIM .....</b>	<b>179</b>
<b>Tabla 71. Resultados de la optimización NDS.....</b>	<b>181</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Ubicación Geográfica .....	2
FIGURA 2. Vista del área de evaluación de transitabilidad.....	2
FIGURA 3. Trimoto, vehículo de la categoría L5.....	11
FIGURA 4. Automóvil o Taxi, vehículo de la categoría M1 .....	12
FIGURA 5. Ómnibus, minibús y microbús, vehículos de las categorías M2 y M3. ....	12
FIGURA 6. Camiones y cisternas, vehículos de las categorías N1, N2 y N3. ....	13
FIGURA 7. Remolque, vehículo de la categoría O. ....	14
FIGURA 8. Elementos de una vía .....	15
FIGURA 9. Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel.....	22
FIGURA 10. Intersección sin canalizar y canalizada .....	23
FIGURA 11. Tipos de isletas .....	25
FIGURA 12. Tipos de intersecciones a nivel.....	26
FIGURA 13. Intersecciones de tres ramales .....	27
FIGURA 14. Intersecciones de cuatro ramales.....	27
FIGURA 15. Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares.....	28
FIGURA 16. Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare .....	28
FIGURA 17. Esquema de una intersección giratoria o glorieta .....	29
FIGURA 18. Esquema de fase en una intersección semaforizada.....	30
FIGURA 19. Tipos de movimientos en una intersección .....	32
FIGURA 20. Simulación de intersección con diferentes modos de transporte.....	49
FIGURA 21: Simulación multimodal de una intersección compleja con PTV Vissim .....	49
FIGURA 22: Cámara Filmadora .....	55
FIGURA 23: Cinta Métrica .....	56
FIGURA 24: Cronometro.....	56
FIGURA 25: Synchro 8 Educacional .....	57
FIGURA 26: VISSIM modelo .....	58
FIGURA 27: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada .....	59
FIGURA 28. Registro fílmico de la intersección .....	60
FIGURA 29. Recolección de características geométricas .....	61
FIGURA 30: Recolección de características semafóricas .....	61
FIGURA 31: Codificación de movimientos vehiculares .....	63
FIGURA 32. Registro fílmico de la intersección .....	64
FIGURA 33: Recolección de características geométricas.....	65
FIGURA 34: Recolección de Características Semaforicas .....	65
FIGURA 35: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección .....	67



FIGURA 36. Registro Fílmico de la intersección .....	68
FIGURA 37. Recolección de características geométricas .....	68
FIGURA 38: Recolección de Características Semafóricas .....	69
FIGURA 39: Codificación de movimientos vehiculares .....	71
FIGURA 40. Registro Fílmico de la intersección .....	72
FIGURA 41. Recolección de características geométricas .....	73
FIGURA 42: Recolección de Características Semafóricas .....	73
FIGURA 43: Codificación de movimientos vehiculares .....	75
FIGURA 44. Registro Fílmico de la intersección .....	76
FIGURA 45: Recolección de características geométricas.....	77
FIGURA 46: Recolección de Características Semafóricas .....	77
FIGURA 47: Codificación de movimientos vehiculares .....	79
FIGURA 48. Registro Fílmico .....	80
FIGURA 49. Recolección de características geométricas .....	81
FIGURA 50: Recolección de Características Semafóricas .....	81
FIGURA 51: Codificación de movimientos vehiculares .....	83
FIGURA 52. Registro Fílmico .....	84
FIGURA 53: Recolección de características geométricas.....	84
FIGURA 54: Recolección de Características Semafóricas .....	85
FIGURA 55: Codificación de movimientos vehiculares .....	86
FIGURA 56. Registro Fílmico .....	87
FIGURA 57: Recolección de características geométricas.....	88
FIGURA 58: Recolección de Características Semafóricas .....	88
FIGURA 59: Codificación de movimientos vehiculares .....	90
FIGURA 60. Registro Fílmico .....	91
FIGURA 61. Recolección de características geométricas .....	92
FIGURA 62: Recolección de Características Semafóricas .....	92
FIGURA 63: Codificación de movimientos vehiculares .....	94
FIGURA 64. Registro Fílmico .....	95
FIGURA 65: Recolección de características geométricas.....	96
FIGURA 66: Recolección de Características Semafóricas .....	96
FIGURA 67: Variación diaria de la intersección.....	98
FIGURA 68. Variación horaria de la Intersección .....	99
FIGURA 69: Composición Vehicular de la Intersección.....	100
FIGURA 70: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección .....	101
FIGURA 71: Configuración de los movimientos o direcciones de carriles .....	102



FIGURA 72: Ingreso de demanda (Volúmenes) de Intersección.....	103
FIGURA 73: Volúmenes por sentido de circulación.....	103
FIGURA 74: Demoras por intersección .....	104
FIGURA 75: NDS por intersección .....	104
FIGURA 76: Simulación de la Intersección .....	105
FIGURA 77: Vista en planta de la intersección .....	106
FIGURA 78: Sección geométrica de la intersección Av. La Cultura- Callejón Retiro .....	106
FIGURA 79: Simulación de la intersección .....	107
FIGURA 80. Volúmenes Diarios de la Intersección SemafORIZADA .....	108
FIGURA 81: Variación horaria de la Intersección SemafORIZADA.....	109
FIGURA 82: Composición Vehicular de la Intersección SemafORIZADA.....	110
FIGURA 83: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección SemafORIZADA Av. La Cultura- Av. Mariscal Gamarra. ....	111
FIGURA 84: Configuración de los movimientos o direcciones de carriles .....	112
FIGURA 85: Ingreso de demanda (volúmenes) de intersecciones Av. la Cultura-Callejón Retiro .....	113
FIGURA 86: volúmenes por sentido de circulación.....	113
FIGURA 87: Demoras por intersección .....	114
FIGURA 88: NDS por intersección. ....	114
FIGURA 89: Simulación de la Intersección. ....	115
FIGURA 90: Vista en planta de la Intersección SemafORIZADA .....	116
FIGURA 91: Sección geométrica de la intersección semafORIZADA.....	116
FIGURA 92: Simulación de la intersección semafORIZADA.....	117
FIGURA 93. Variación Diaria de la Intersección SemafORIZADA.....	118
FIGURA 94: Variación horaria de la Intersección SemafORIZADA.....	119
FIGURA 95: Composición vehicular de la intersección semafORIZADA, por movimiento de circulación.....	119
FIGURA 96: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección SemafORIZADA.....	121
FIGURA 97: Configuración de los movimiento o direcciones de carriles.....	122
FIGURA 98: Ingreso de demanda (volúmenes) .....	122
FIGURA 99: Volúmenes por sentido de circulación de la Intersección SemafORIZADA.....	123
FIGURA 100: Demoras por intersección de la intersección semafORIZADA .....	123
FIGURA 101: NDS por intersección de la intersección semafORIZADA .....	124
FIGURA 102: Simulación de la intersección semafORIZADA.....	124
FIGURA 103: Vista en planta de la intersección semafORIZADA .....	125
FIGURA 104: Sección geométrica de la intersección semafORIZADA.....	126





<b>FIGURA 105: Simulación de la Intersección Semaforizada.....</b>	<b>126</b>
<b>FIGURA 106. Variación diaria de la intersección semaforizada .....</b>	<b>128</b>
<b>FIGURA 107: Variación horaria de la intersección semaforizada.....</b>	<b>129</b>
<b>FIGURA 108: Composición vehicular de la intersección semaforizada, por movimiento de circulación.....</b>	<b>129</b>
<b>FIGURA 109: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección Semaforizada.....</b>	<b>131</b>
<b>FIGURA 110: Configuración de los movimientos o direcciones de los carriles .....</b>	<b>132</b>
<b>FIGURA 111: Ingreso de demanda (volúmenes) .....</b>	<b>133</b>
<b>FIGURA 112: Volúmenes por sentido de circulación.....</b>	<b>133</b>
<b>FIGURA 113: Demoras por intersección de la intersección .....</b>	<b>134</b>
<b>FIGURA 114: NDS por intersección de la intersección semaforizada .....</b>	<b>134</b>
<b>FIGURA 115: Simulación de la Intersección .....</b>	<b>135</b>
<b>FIGURA 116: Vista en planta de la Intersección Semaforizada .....</b>	<b>136</b>
<b>FIGURA 117: Sección geométrica de la Intersección Semaforizada.....</b>	<b>136</b>
<b>FIGURA 118: Simulación de la Intersección Semaforizada.....</b>	<b>137</b>
<b>FIGURA 119. Variación Diaria de la Intersección Semaforizada.....</b>	<b>138</b>
<b>FIGURA 120: Variación horaria de la Intersección Semaforizada.....</b>	<b>139</b>
<b>FIGURA 121: Composición Vehicular de la Intersección Semaforizada, por movimiento de circulación.....</b>	<b>140</b>
<b>FIGURA 122: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda .....</b>	<b>141</b>
<b>FIGURA 123: Configuración de los movimientos o direcciones de carriles .....</b>	<b>142</b>
<b>FIGURA 124: Ingreso de demanda (volúmenes) .....</b>	<b>143</b>
<b>FIGURA 125: Volúmenes por sentido de circulación de la Intersección .....</b>	<b>143</b>
<b>FIGURA 126: Demoras por intersección de la Intersección.....</b>	<b>144</b>
<b>FIGURA 127: NDS por intersección de la Intersección.....</b>	<b>144</b>
<b>FIGURA 128: Simulación de la Intersección de la Intersección.....</b>	<b>145</b>
<b>FIGURA 129: Vista en planta de la Intersección.....</b>	<b>146</b>
<b>FIGURA 130: Sección geométrica de la Intersección .....</b>	<b>146</b>
<b>FIGURA 131: Simulación de la Intersección .....</b>	<b>147</b>
<b>FIGURA 132. Variación Diaria de la Intersección .....</b>	<b>148</b>
<b>FIGURA 133: Variación horaria de la Intersección .....</b>	<b>149</b>
<b>FIGURA 134: Composición Vehicular de la Intersección, por movimiento de circulación .....</b>	<b>150</b>
<b>FIGURA 135: Factor de la Hora de Máxima Demanda de la Intersección.....</b>	<b>151</b>
<b>FIGURA 136: Configuración de los movimientos o direcciones de carriles .....</b>	<b>152</b>
<b>FIGURA 137: Ingreso de demanda (volúmenes) .....</b>	<b>152</b>
<b>FIGURA 138: Volúmenes por sentido de circulación de la Intersección .....</b>	<b>153</b>



FIGURA 139: Demoras por intersección de la Intersección.....	154
FIGURA 140: NDS por intersección de la Intersección.....	154
FIGURA 141: Simulación de la Intersección de la Intersección.....	155
FIGURA 142: Vista en planta de la Intersección.....	156
FIGURA 143: Sección geométrica de la Intersección .....	156
FIGURA 144: Simulación de la Intersección .....	157
FIGURA 145: Variación Diaria de la Intersección .....	158
FIGURA 146: Variación horaria de la Intersección .....	159
FIGURA 147: Composición Vehicular de la Intersección, por movimiento de circulación .....	160
FIGURA 148: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección .....	161
FIGURA 149: Configuración de los movimientos o direcciones de carriles .....	162
FIGURA 150: Ingreso de demanda (volúmenes) .....	163
FIGURA 151: Volúmenes por sentido de circulación de la Intersección .....	163
FIGURA 152: Demoras por intersección de la Intersección.....	164
FIGURA 153: NDS por intersección de la Intersección.....	164
FIGURA 154: Simulación de la Intersección de la Intersección.....	165
FIGURA 155: Vista en planta de la Intersección.....	166
FIGURA 156: Sección geométrica de la Intersección .....	166
FIGURA 157: Simulación de la Intersección .....	167
FIGURA 158. Variación Diaria de la Intersección .....	168
FIGURA 159: Variación horaria de la Intersección .....	169
FIGURA 160: Composición Vehicular de la Intersección, por movimiento de circulación .....	170
FIGURA 161: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la Intersección .....	171
FIGURA 162: Configuración de los movimientos o direcciones de carriles .....	172
FIGURA 163: Ingreso de demanda (volúmenes) .....	173
FIGURA 164: Volúmenes por sentido de circulación de la Intersección .....	173
FIGURA 165: Demoras por intersección de la Intersección.....	174
FIGURA 166: NDS por intersección de la Intersección.....	174
FIGURA 167: Simulación de la Intersección de la Intersección.....	175
FIGURA 168: Vista en planta de la Intersección.....	175
FIGURA 169:Sección geométrica.....	176
FIGURA 170: Simulación de la Intersección .....	176
FIGURA 171. Modelo propuesto en software Synchro .....	180
FIGURA 172. Diagrama de trayecto de flujo vehicular. ....	181



## 1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del problema

#### 1.1.1. Descripción del problema.

Existe un crecimiento acelerado del Tráfico en la Av. La Cultura de 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 la Av. La Cultura lo cual no se cuenta con un análisis actualizado del Impacto Vial que sufre la Av. La Cultura.

Actualmente, la ciudad del Cusco sufre una diversidad de problemas, tanto en el ámbito del sistema de transportes, social, político y económico. Un aspecto transversal a todos estos conflictos es el tema de transportes, ya que está relacionado directamente con cada una de ellas. Los ciudadanos tienen una necesidad de transportarse de un lugar a otro, debido a las diferentes actividades del quehacer diario; por lo tanto, se requiere una red de transporte eficiente, seguro y de bajo costo.

En el tramo estudiado a lo largo de toda la Av. La Cultura en los últimos años ha aumentado significativamente la cantidad de vehículos y transeúntes lo cual produjo una congestión vehicular y peatón, aumentando su nivel de accidentes en los últimos años, la mayoría de transeúntes se dan por el ingreso a las academias Pre-Universitarias y Centros Educativo lo cual se le denomina zona de riesgo. Este suceso ha influido directamente al flujo vehicular y peatonal, lo cual genera pérdida de tiempo (demoras), tráfico vehicular e inseguridad vial al momento de transitar por la zona. Puesto que algunos conductores carecen de una educación vial eficiente, ocasionando un ambiente de caos y desorden por el incremento del parque automotor y peatón. Esta transgresión causa un incremento de los accidentes automovilísticos, ya que muchos conductores manejan a alta velocidad por las demoras ocasionados por el tráfico, otros comen mientras manejan, hablan por el celular, manejan en estado de ebriedad, y otros factores que intervienen en el desorden ocasionando demoras al desplazarse al lugar del destino. El estudio se limitará a la utilización de aforos vehiculares para obtener datos y evaluarlos.

El aforo vehicular se limitará en la mañana en el horario de siete a.m. – nueve a.m., en la tarde en el horario de doce p.m. – dos p.m., y en la noche en el horario de cinco p.m. – siete p.m., considerando estas horas como las más concurrentes de vehículos y peatones con respecto a otros horarios, este proceso se realizará de lunes a domingo.

Nos limitaremos a utilizar los parámetros que estén establecidos en el HCM, Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas para la evaluación de la transitabilidad vehicular, señales de tránsito.

### 1.1.1.1. Ubicación geográfica.

El área geográfica de las intersecciones de estudio Están ubicadas en el departamento del Cusco, de la provincia y ciudad del Cusco.

**FIGURA 1: Ubicación Geográfica**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 2. Vista del área de evaluación de transitabilidad.**



Fuente: Elaboración propia - Google Earth



### **1.1.2. Formulación del Problema**

#### **1.1.2.1. Formulación interrogativa del Problema General**

¿Cuál será la diferencia de la capacidad vial y los niveles de servicio obtenidos con el método determinístico y el método de seguimiento vehicular de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco?

#### **1.1.2.2. Formulación interrogativa de los Problemas Específicos**

1. ¿Cuál será la Capacidad Vial de la Av. La Cultura para ambos métodos: determinísticos y de seguimiento vehicular?
2. ¿Cuál será el Nivel de Servicio de la Av. La Cultura para ambos métodos: Determinísticos y de seguimiento vehicular?
3. ¿El Diseño Geométrico de la Av. La Cultura para ambos métodos: Determinísticos y de seguimiento vehicular es adecuado para cumplir un nivel de servicio D?
4. ¿Cuáles son los factores principales de las demoras en las intersecciones semaforizadas en la Av. La Cultura para ambos métodos: Determinísticos y de seguimiento vehicular?

### **1.2. Justificación de la Investigación**

#### **1.2.1. Justificación Técnica**

El incremento de los flujos vehiculares y peatonal en la ciudad del Cusco específicamente en la Av. La Cultura generan condiciones de tráfico forzado y alta congestión en horas punta. Con la investigación se trata de evaluar y plantear soluciones que ayuden a resolver problemas ocasionados por este crecimiento vehicular como el aporte para un crecimiento ordenado del tránsito vehicular y peatonal. Haciendo un análisis de la situación actual recurriendo al uso de conteo vehicular (Volumen) y dando sus respectivas interpretaciones, así como la existencia de dispositivos de control, marcas en el pavimento, análisis de semáforos y sus ubicaciones, distribución de tiempos de semaforización, así como la simulación a través (Simulación con Software Especializado) para su análisis, nos permiten conocer el estado actual de esta avenida. La presente investigación está ligado a una rama de la Ingeniería la cual es de Transportes, donde utilizaremos herramientas como cuadros estadísticos, se utilizará aforos vehiculares, nos basaremos en el Reglamento Nacional de Transportes y HCM para la verificación de la realidad operacional actual de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco bajo dos enfoques o métodos de análisis ampliamente reconocidos y usados en la gran mayoría de países Norteamericanos y Europeos.



### **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 proponer soluciones que promuevan y encamine a nuevos proyectos de esa forma las vías puedan brindarle un mejor servicio.

La evaluación de transitabilidad vehicular y peatonal pretende que los usuarios de la infraestructura tengan adecuadas condiciones para su normal flujo vehicular, acompañado de buena estructura conformado con señalización adecuada, así como semaforización que contribuya a la seguridad vial. La población alrededor de la Av. La cultura podrá circular con mayor seguridad y los autos podrán transitar con mayor fluidez.

### **1.2.3. Justificación por Viabilidad**

La investigación se podrá realizar sin ningún tipo de inconveniencias ya que contamos con toda la información y herramientas necesarias, los métodos a utilizar para la realización del estudio ya están estipulados y normados, así como el manual HCM y simulación con software especializado, su realización no tiene un costo significativo por lo tanto es viable económicamente.

### **1.2.4. Justificación por Relevancia**

Esta investigación es solo un punto de partida para la evaluación de la transitabilidad vehicular, la cual se ha visto afectada en la actualidad ya sea por el crecimiento automotor o la presencia de nuevas instituciones.

El lugar de esta investigación es una de las más transitadas de la ciudad del Cusco y en las que se presentan ciertos problemas del tránsito vehicular y peatonal, por esta razón al investigar se propondrá respuestas y soluciones que promuevan y encamine a diseños de nuevos proyectos. La Av. de la Cultura es el único eje longitudinal que atraviesa la ciudad del Cusco, y absorbe el tráfico que debería circular por vía en estado de abandono como la Av. Vía Expresa.

## **1.3. Limitaciones de la Investigación**

### **1.3.1. Limitaciones por Espacio:**

El estudio se realizó a lo largo de la Av. La Cultura, ubicada en la provincia del Cusco, departamento del Cusco, empezando en Arcopunco y terminando en la Prolongación de la Av. La Cultura. Se consideró mayormente intersecciones de mayor tráfico y que a su vez están



semaforizadas a la fecha, no contendrá tráfico peatonal, no se analizará paraderos ni estacionamientos, no se analizará la geometría de las vías, solo análisis operacional.

### **1.3.2. Limitaciones por Tiempo:**

Se debe realizar el análisis de capacidad vial y niveles de servicio cada año, considerando los grandes porcentajes de aumento y variación de volúmenes vehiculares en todas las intersecciones de la avenida de la cultura que se presentan. La presente investigación realizada pertenece al año 2019.

### **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, recolección de las características geométricas en campo e inventarios de datos semafóricos.

El estudio no pretende generalizar los resultados obtenidos, sino que intenta brindar algunos criterios iniciales que deberán ser verificados y complementados con futuras investigaciones.

### **1.3.4. Limitaciones en Cuanto al Análisis:**

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), el que está citado como único método en el manual de diseño geométrico de vías peruano DG-2018, en el capítulo de Capacidad vial.

### **1.3.5. Limitaciones por software:**

Para el estudio de la Capacidad y Niveles de Servicio se usaron únicamente los siguientes softwares informáticos:

- SYNCHRO, para el método determinístico basado en el HCM 2010.
- VISSIM, para la micro simulación y método de seguimiento vehicular.



#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

1. Determinar la diferencia de la Capacidad Vial y los Niveles de Servicio obtenidos con el método determinístico y el método de seguimiento vehicular de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar la Capacidad Vial de la Av. La Cultura para ambos métodos: determinísticos y de seguimiento vehicular
2. Cuál será el Nivel de Servicio de la av. La Cultura para ambos métodos: Determinísticos y de seguimiento vehicular
3. Determinar el Diseño Geométrico de la Av. La Cultura para ambos métodos: Determinísticos y de seguimiento vehicular es adecuado para cumplir un nivel de servicio D
4. Determinar cuáles son los factores principales de las demoras en las intersecciones semaforizadas en la Av. La Cultura para ambos métodos: Determinísticos y de seguimiento vehicular

#### **1.5. Hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis General**

1. El porcentaje de diferencia en las medidas de efectividad para las metodologías determinística y de seguimiento vehicular aplicadas en la Av. De la Cultura de la ciudad del Cusco es menor del 5%

##### **1.5.2. Sub Hipótesis**

1. La velocidad de circulación si tiene una influencia en el cálculo de las medidas de efectividad para ambos métodos: determinístico y de seguimiento vehicular
2. Los parámetros del sistema de control semafórico y no semafórico si tienen una influencia en el cálculo de las medidas de efectividad para ambos métodos: determinístico y de seguimiento vehicular
3. La geometría de las vías si tiene una influencia en el cálculo de las medidas de efectividad para ambos métodos: determinístico y de seguimiento vehicular





4. La demanda vehicular si afecta en el cálculo de las medidas de efectividad para ambos métodos: determinístico y de seguimiento vehicular.



## 2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

### 2.1. Antecedentes de la tesis

#### 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

- **INVESTIGACIÓN:** LOS ESTUDIOS DE IMPACTO VIAL Y EL TRÁFICO GENERADO EN LA CIUDAD DE LIMA

- **AUTOR:** Jimmy Brayan Velasco Cotohuanca

- **AÑO:** Lima, Julio de 2017

- **UNIVERSIDAD:** Pontificia Universidad Católica del Perú

- **RESUMEN:**

Debido al ascendente desarrollo inmobiliario, el número de viajes aumentó considerablemente en la ciudad de Lima. De esta manera, se hizo cada vez más necesario afrontar el reto de planificar el tráfico dentro de la ciudad. Es así que en la actualidad la Municipalidad Metropolitana de Lima exige que cada proyecto inmobiliario relevante cuente con un Estudio de Impacto Vial (EIV) para estudiar los impactos que dicho proyecto ocasionará en la red vial urbana. A pesar de ello, no se indica la metodología a seguir para estimar el tráfico que origina el proyecto durante su etapa de operación.

El objetivo de la presente tesis es obtener una perspectiva cuantitativa y realista del tráfico generado por los proyectos inmobiliarios en la ciudad de Lima de manera que se puedan estimar relaciones que relacionen el tráfico generado de un proyecto con los parámetros del mismo. Esto para poder brindar recomendaciones para mejorar la metodología utilizada para determinar el tráfico generado de un proyecto en su EIV.

#### **Conclusiones**

El crecimiento de una ciudad va estrechamente relacionado con el desarrollo del sector constructivo, sea mediante edificios u obras civiles. Por esta razón, el desarrollo de proyectos conlleva consigo un impacto en el contexto en el cual se ubica. Un estudio de impacto vial (EIV) es aquel procedimiento técnico que tiende a identificar, interpretar y alertar sobre los efectos en el corto, mediano y largo plazo que las actividades, proyectos, programas o emprendimientos puedan causar en la infraestructura vial urbana, así como en los peatones o usuarios de la misma (Sotelo, 2010).

Las regulaciones gubernamentales son las encargadas de solicitar y revisar los EIV. Estas regulaciones pueden ser exigidas tanto por el gobierno central, los gobiernos estatales o las municipalidades. En el caso de la ciudad de Lima, la Municipalidad Metropolitana de Lima es la encargada de brindar los requerimientos para el desarrollo de los EIV, considerando diversas etapas. Sin embargo, los lineamientos brindados son inadecuados y usualmente, no detallados.



- **INVESTIGACIÓN:** Análisis del Nivel de Servicio Peatonal en la Ciudad de Lima
- **AUTOR:** Jean Christian Doig Godier
- **AÑO:** PERU-2010
- **UNIVERSIDAD:** Pontificia Universidad Católica del Perú
- **RESUMEN:**

El estudio citado tiene por objeto analizar los principales factores que intervienen en la percepción del nivel de servicio peatonal en el ámbito de la ciudad de Lima. Con tal fin se llevó a cabo una revisión de los aspectos y metodologías usadas para evaluar la calidad del tránsito peatonal.

### **Conclusiones**

1. Las principales problemáticas que afectan al peatón corresponden al aspecto de la seguridad vial, situación que se explica debido a la poca consideración que se le presta a la actividad peatonal en el diseño de la infraestructura vial que genera situaciones de alto riesgo para los peatones.
2. En cuanto a los criterios de flujo y circulación para el análisis de vías urbanas con interacción entre vehículos y peatones, se encontró que los indicadores de nivel de servicio basados en demora peatonal (tiempo) son más relevantes que aquellos basados en espacio disponible.
3. En general el comportamiento de los conductores de vehículos privados no es siempre compatible con los presupuestos de los análisis de flujo y circulación. Esto genera que una intersección semaforizada termine funcionando como no semaforizada para el tránsito peatonal. Se requiere por tanto verificar en campo antes de realizar el análisis correspondiente para ser fiel a las condiciones locales de funcionamiento.

#### **2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional**

- **INVESTIGACIÓN:** ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL CALI-JAMUNDÍ
- **AUTOR:** MAYRA ALEJANDRA OCORÓ POSSÚ
- **AÑO:** Santiago de cali, Colombia 2014
- **UNIVERSIDAD:** UNIVERSIDAD DEL VALLE FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMÁTICA
- **RESUMEN:** El presente estudio se efectúa con la metodología del HCM-2000 (Highway Capacity Software), se obtendrá información de la vía tanto primaria (longitud de la vía, tipo de terreno, número de carriles por calzada, uso del suelo, entre otros) como secundaria (conteos



de tránsito, proyectos viales y urbanísticos como son los planes parciales), con el acopio de información se evaluará la eficiencia del corredor Cali-Jamundí a través del cálculo de su capacidad y niveles de servicio. Y finalmente se plantearán las recomendaciones para el adecuado funcionamiento del mismo.

#### **- CONCLUSIÓN:**

Los regulares niveles de servicio y la utilización de capacidad de todos los sectores, se debe básicamente a los grandes volúmenes de tránsito que se generan por dos razones: la primera que Jamundí se ha convertido en las dos últimas décadas en dormitorio de los usuarios que trabajan y estudian en Cali y la Segunda que en este sector se han establecido un gran número de establecimientos de educación media y superior. Razón por la cual los picos se presentan en la mañana tan temprana entre las 6:15 y las 7:15 y en la tarde entre las 3:15 y 4:15 hora en que salen los estudiantes de los colegios y muchos de las universidades.

Tratándose la Calle 25 de un corredor inter-regional con buen porcentaje de buses y de camiones y con volúmenes altos de automóviles de origen urbano, las especificaciones geométricas resultan escasas generándose una transitabilidad deficiente y condiciones de operación muy pobres desde el punto de vista de seguridad vial.

## **2.2. Bases Teórico – Científicas**

### **2.2.1. Ingeniería de tránsito:**

La ingeniera de tránsito es una rama de la ingeniera civil que se encarga de la planificación y diseño de las diferentes redes de carreteras, calles y autopistas; y su relación con los diferentes medios de transporte con la finalidad garantizar una eficiente circulación de éstos. (Gómez, 2006)

### **2.2.2. Elementos básicos de la ingeniera de tránsito**

Los tres elementos básicos que componen la ingeniera de tránsito son: el usuario (peatones y conductores), el vehículo y la vía (vías urbanas y carreteras). (Mayor - Reyes y Cárdenas 1994)

#### **A. El usuario:**

Los seres humanos, peatones y conductores, que deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de ser controlados y guiados de manera apropiada.

#### **A.1. Peatón:**

Un peatón es la persona que transita a pie por las vías públicas. También se consideran peatones a las personas que empujan cualquier otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones o a las personas con movilidad reducida que circulan al paso con una silla de ruedas. (Los peatones s. f.) (Gómez 2004)

## A.2. Conductor:

Es la persona encargada de conducir un vehículo de motor para el transporte de personas, animales y otros. (Gómez 2004)

## B. El vehículo:

El vehículo es un medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro de personas o cosas. (Tapia 2006)

### B.1. Clasificación vehicular:

El ítem B.1. ha sido tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) 2003, P. 54,55).

Teniendo en cuenta el DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC, el cual establece los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos para que ingresen, transiten, operen y retiren del Sistema Nacional de Transporte Terrestre, los cuales están orientadas a la protección y seguridad de las personas, medio ambiente y resguardo de la infraestructura vial.

La clasificación vehicular establecida en el decreto antes mencionado es:

❖ **Categoría L:** Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

**L1:** Vehículos de 2 ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

**L2:** Vehículos de 3 ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

**L3:** Vehículos de 2 ruedas, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h.

**L4:** Vehículos de 3 ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> o una velocidad mayor de 50 km/h.

**L5:** Vehículos de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.

**FIGURA 3. Trimoto, vehículo de la categoría L5**

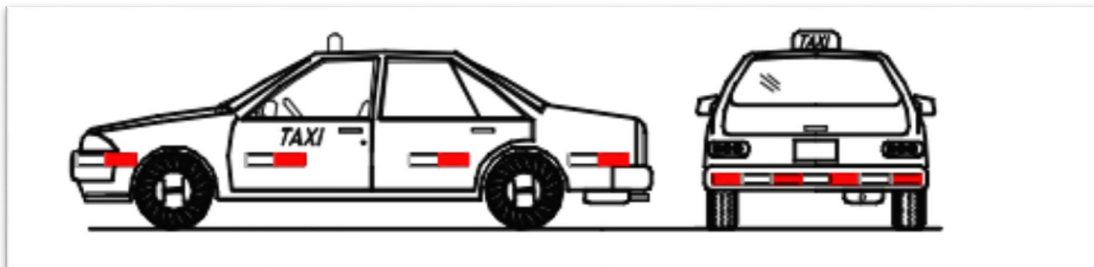


**Fuente:** Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 71

- ❖ **Categoría M:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

**M1:** Vehículos de 8 asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

**FIGURA 4. Automóvil o Taxi, vehículo de la categoría M1**

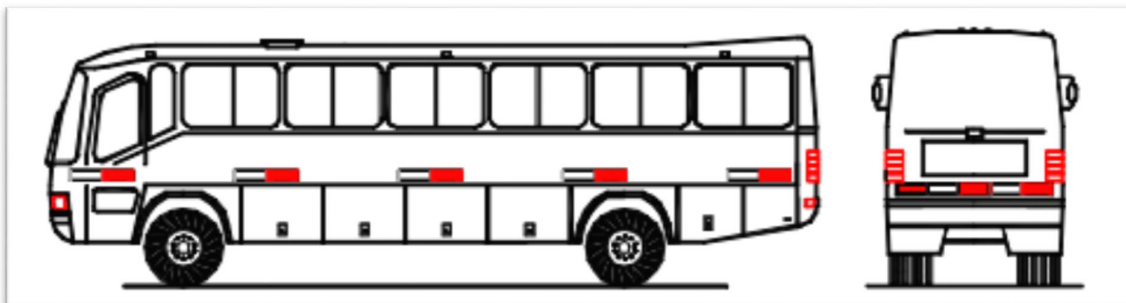


**Fuente:** Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 71

**M2:** Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

**M3:** Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

**FIGURA 5. Ómnibus, minibús y microbús, vehículos de las categorías M2 y M3.**



**Fuente:** Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 72

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

**Clase I:** Vehículos contruidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos

**Clase II:** Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

**Clase III:** Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

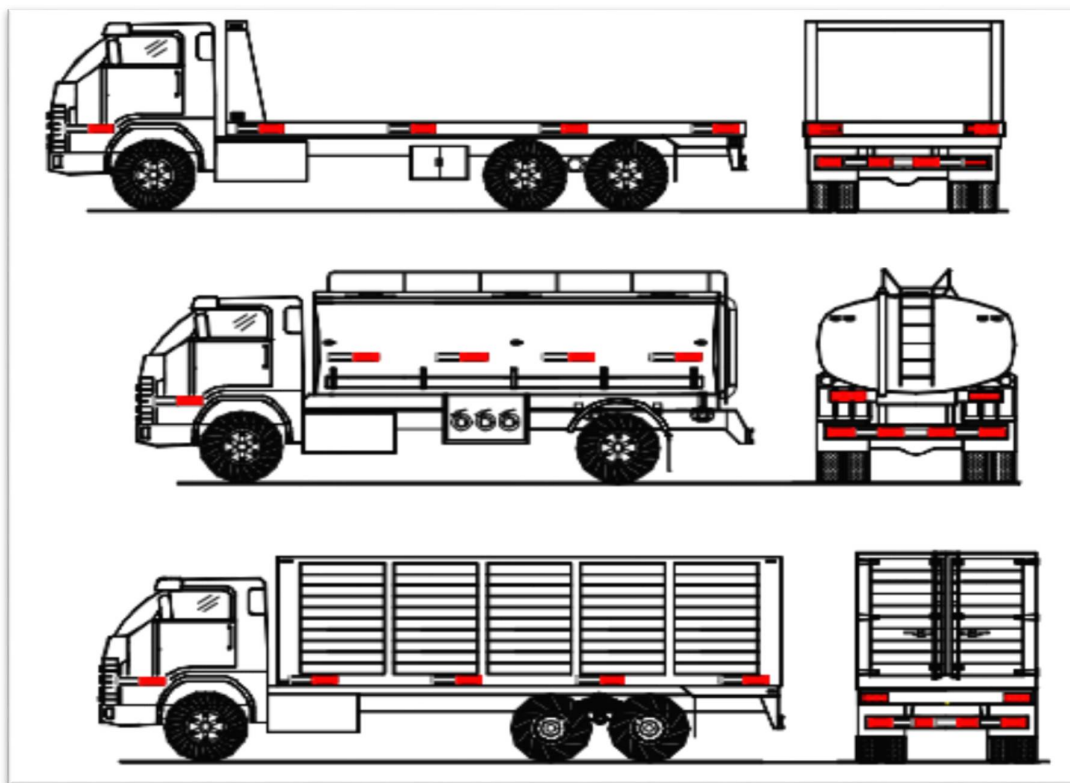
❖ **Categoría N:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

**FIGURA 6. Camiones y cisternas, vehículos de las categorías N1, N2 y N3.**



**Fuente:** Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 72

❖ **Categoría O:** Remolques (incluidos semirremolques).

O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

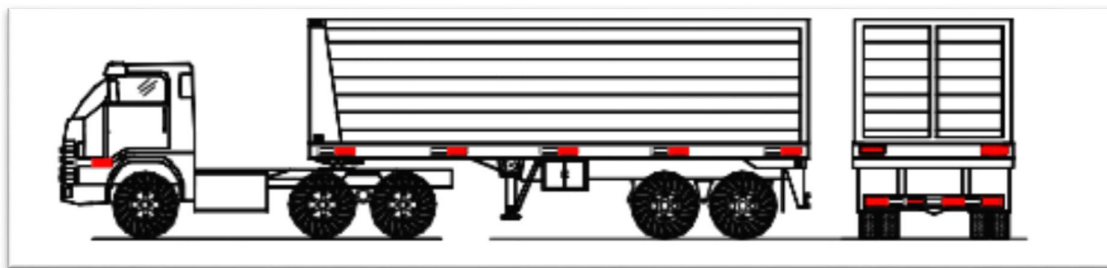
O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.

O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.



**O4:** Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

**FIGURA 7. Remolque, vehículo de la categoría O.**



**Fuente:** Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 72

### COMBINACIONES ESPECIALES

**S:** Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

**SA: Casas rodantes**

**SB:** Vehículos blindados para el transporte de valores

**SC: Ambulancias**

**SD:** Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

### C. La vía:

Es una infraestructura de transporte acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo. (Cárdenas, 1994)

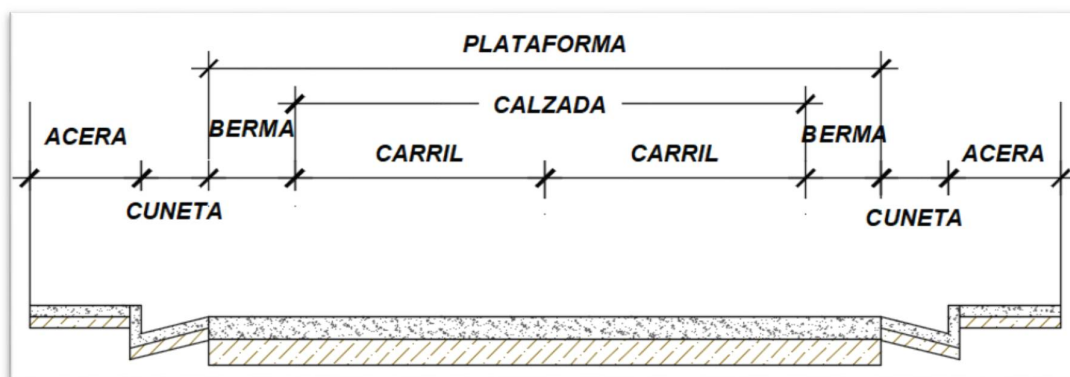
#### C.1. Elementos de la vía:

- **Calzada o superficie de rodamiento:** Es aquella faja acondicionada especialmente para el tránsito de los vehículos.
- **Carril:** Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.
- **Acotamientos o bermas:** Es la franja longitudinal pavimentada o afirmada, contigua a la calzada, no destinada al uso de automóviles a no ser en circunstancias especiales.



- **Plataforma:** Es la zona de la vía formada por calzada y bermas dedicada al uso de vehículos.
- **Cunetas:** Van paralelamente a los acotamientos, destinadas a facilitar el drenaje superficie longitudinal de la carretera.
- **Drenaje transversal:** Está formado por las alcantarillas y estructuras mayores por ejemplo los puentes, que permitan que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.
- **Rasante:** Como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.
- **Subrasante:** Es la superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento
- **Pavimento:** Es la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permitan un tránsito rápido, eficiente y sin polvo.

**FIGURA 8. Elementos de una vía**



**Fuente:** Tomado de La vía 2012.

### 2.3. Clasificación del sistema vial urbano

#### 2.3.1. Criterios de Clasificación de las Vías Urbanas

La circulación, más o menos difícil, en las grandes ciudades siempre se caracteriza por la gran confusión entre peatones y vehículos que estacionan y circulan, entre vehículos lentos y rápidos, y sus diferentes deseos de desplazamiento.

Luego, es necesario especializar las vías, destinando cada una de ellas a una función específica y acomodándola a cumplir lo mejor posible su función. Esta especialización se justifica



fundamentalmente desde tres puntos de vista.

En primer lugar, por un criterio de capacidad y nivel de servicio. A medida que las dimensiones de la ciudad aumentan, los desplazamientos urbanos son de mayor longitud y el tiempo empleado en el transporte tiene una trascendencia más importante. Conseguir velocidades relativamente altas, puede ahorrar muchas horas al año y eso sólo se logra si las calles se proyectan de forma adecuada. Al estudiar la capacidad, se comprueba cómo el estacionamiento en la calle y los accesos demasiado próximos la disminuyen considerablemente.

En segundo lugar, por un criterio de seguridad, ya que la confusión que se produce en la calle cuando la intensidad de tráfico es importante y parte de los vehículos circulan de prisa, hace aumentar rápidamente el índice de accidentes.

Y, por último, por un criterio funcional, tanto desde el punto de vista de las vías principales, que en todos sus aspectos han de proyectarse con este criterio, como de las vías locales, en las que hay que evitar en lo posible un tráfico intenso y rápido que perturba considerablemente la vida urbana. (MDGV 2005)

### **2.3.2. Clasificación de las Vías Urbanas**

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.

### **2.3.3. 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. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central. (MDGV 2005)

#### **- 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. (MDGV 2005)

#### **- Tipos de Vehículo**

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.



(MDGV 2005)

- **Conexiones**

Las vías expresas están directamente conectadas entre sí con vías arteriales. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el área central de la ciudad, a través de vías auxiliares. (MDGV 2005)

**2.3.4. 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.

El término Vía Arterial no equivale al de Avenida, sin embargo, muchas vías arteriales han recibido genéricamente la denominación de tales. (MDGV 2005)

- **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.

Se recomienda que estas vías cuenten con pistas de servicio laterales para el acceso a las propiedades. (MDGV 2005)

- **Tipos de Vehículo**

Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros se permite el servicio con un tratamiento especial en vías exclusivas o carriles segregados y con paraderos e intercambios debidamente diseñados. (MDGV 2005)

- **Conexiones**

Las vías arteriales se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras, no siendo conveniente que se encuentren conectadas a vías locales residenciales. (MDGV 2005)



### 2.3.5. Vías colectoras

#### - Función

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.

Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipales, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades.

Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida. (MDGV 2005)

#### - Características de 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, especialmente destinadas para este objeto.

Reciben soluciones especiales para los cruces peatonales, donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable. (MDGV 2005)

#### - 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. (MDGV 2005)

#### - Conexiones

Las vías colectoras se conectan con las arterias y con las locales, siendo su proporción siempre mayor con las vías locales que con las vías arteriales. (MDGV 2005)

### 2.3.6. 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. (MDGV 2005)

#### - 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. (MDGV 2005)



### 2.3.7. 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 (**MDGV 2005**)

**Tabla 1: resumen de parámetros de diseño vinculados 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 regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es frecuentemente interrumpido por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el



	<p>permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.</p>	<p>de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías</p>	<p>industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.</p>	<p>tránsito de bicicletas.</p>
<p><b>Control de Accesos y Relación con otras vías</b></p>	<p>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 Area Central de la ciudad, a través de vías auxiliares</p>	<p>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 a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.</p>	<p>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</p>	<p>Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.</p>



<b>Número de carriles</b>	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
<b>Servicio a propiedades adyacentes</b>	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.
<b>Servicio de Transporte público</b>	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 desarrolla generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
<b>Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías</b>	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá 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 regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: Tomado del MDGVU-2005

## 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.

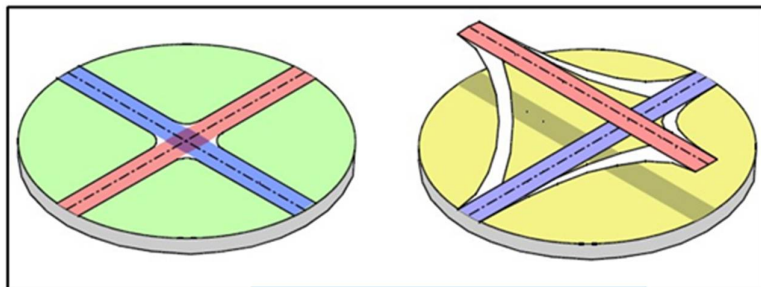
Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José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

### 2.4.1. 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 9. Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel



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

#### 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 - 2018,)



#### 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.

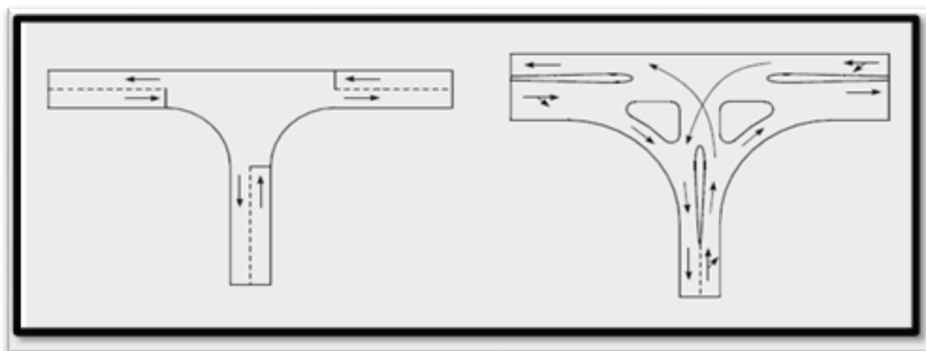
**Perpendicularidad de las intersecciones.** Las Intersecciones en Angulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

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

**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 geométrico DG - 2018,)

**FIGURA 10. Intersección sin canalizar y canalizada**



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



## **B. Elección del tipo de control**

El diseño de las intersecciones a nivel, determinara 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 - 2018,)**

### **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:

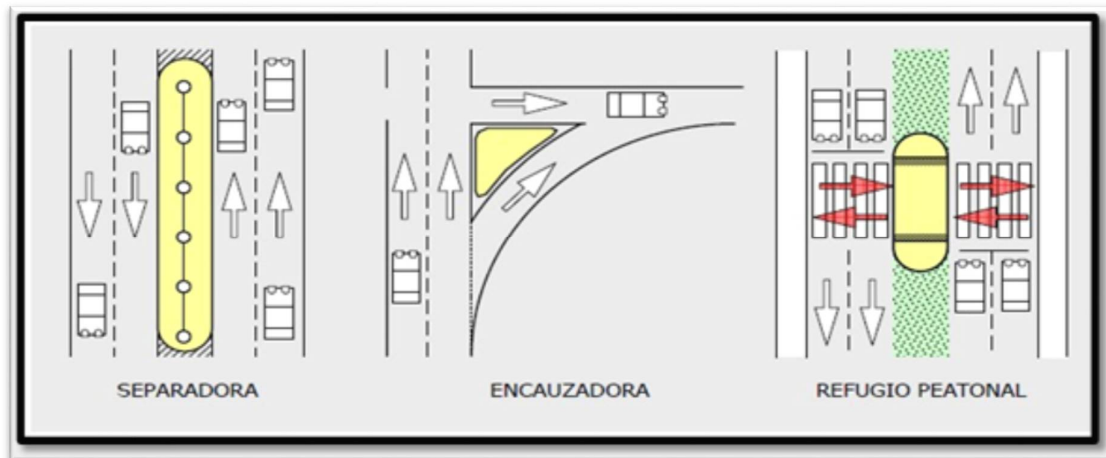
Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento; esta solución es la más económica, pero no supone ningún tipo de barrera para los vehículos, que pueden invadirla con total libertad.

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 11. Tipos de isletas**



**Fuente:** tomado de (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)**

### **2.4.1.1.3. 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 – 2018)**

#### **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 12. 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>		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE
		ENSANCHADA		ENSANCHADA		CANALIZADAS		ENSANCHADA
<p>VEASE FIGURA 501.01 ROTONDA</p>		CANALIZADA		CANALIZADA				CANALIZADAS

**Fuente:** tomado del (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG - 2018,)

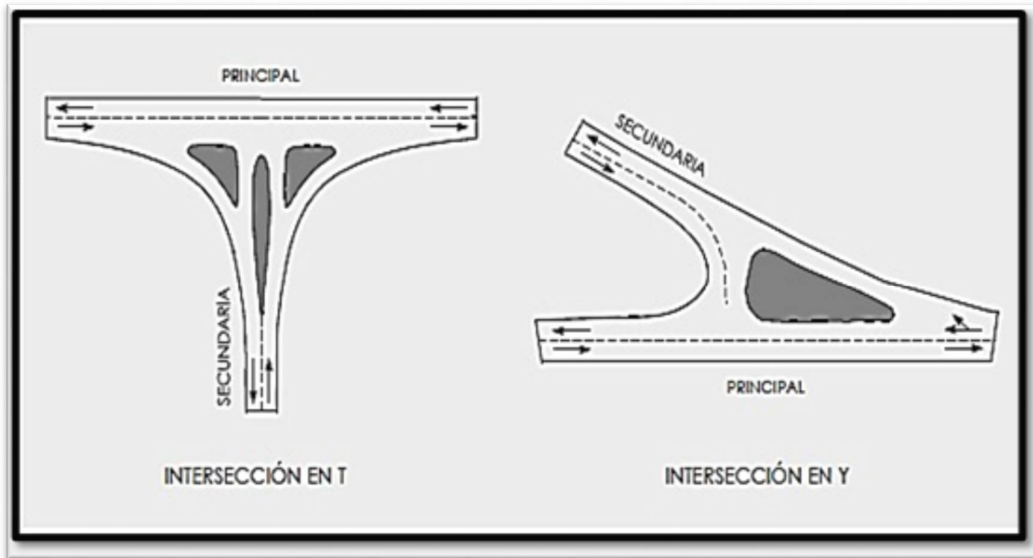
**I. Intersecciones de 3 ramales**

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 13. Intersecciones de tres ramales**



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

## II. Intersecciones de 4 ramales

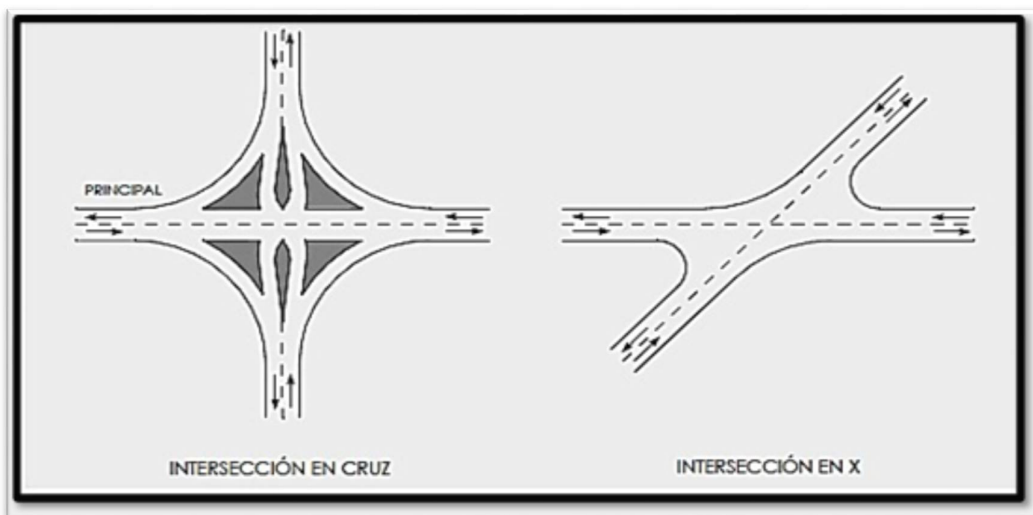
En ellas se produce un cruce de dos vías cuatro ramales en total, generalmente de rango similar.

Al igual que en las anteriores, se distinguen dos tipos:

**Intersecciones en cruz:** Los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de  $60^\circ$ , con direcciones sensiblemente perpendiculares.

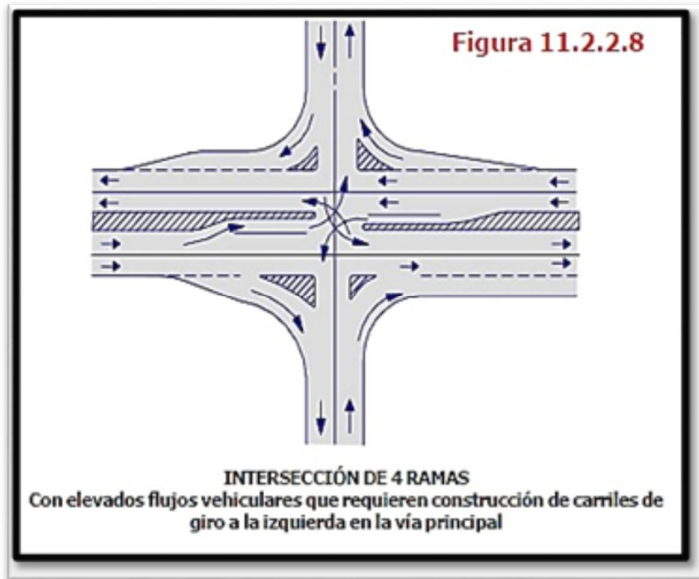
**Intersecciones en X:** Los ramales forman dos ángulos menores de  $60^\circ$ .

**FIGURA 14. Intersecciones de cuatro ramales**



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

FIGURA 15. Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares



Fuente: tomado de (Ing. Victor Chavez Loaiza, MDGVU-2005)

FIGURA 16. Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare



Fuente: Tomado de (Ing. Victor Chavez Loaiza, MDGVU- 2005)

### III. Intersecciones con más de 4 ramales

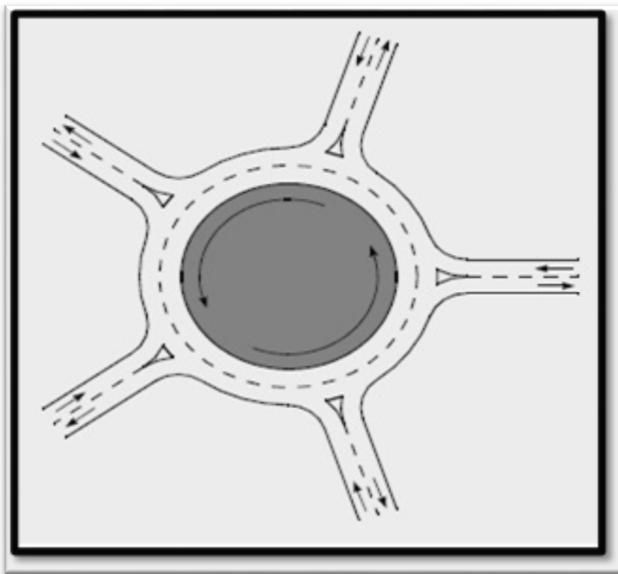
Este tipo de intersecciones es difícil de tratar, por lo que es conveniente evitarlas en la medida de lo posible. Generalmente, la solución ideal es suprimir alguno de los ramales, empalmándolo fuera de la intersección. Otras veces, sin embargo, esto no es posible y hay que llegar a complejas soluciones 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 17. Esquema de una intersección giratoria o glorieta



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

##### 2.4.1.1.4. 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 prevalientes, 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

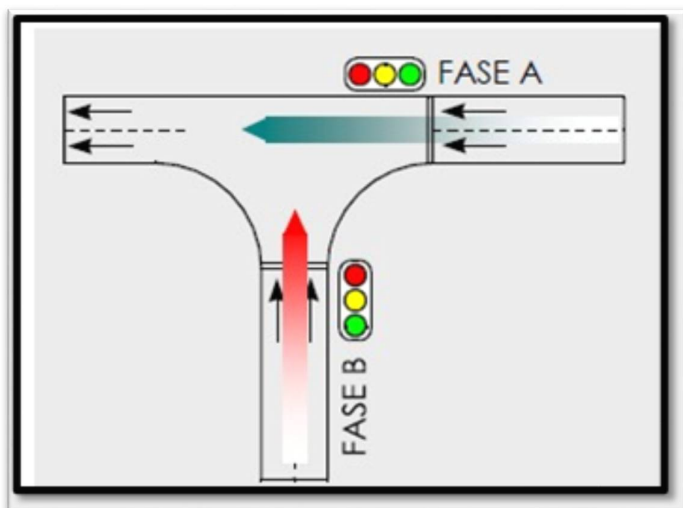
Los semáforos modernos otorgan el tiempo de muchas maneras, desde la modalidad más sencilla de tiempos prefijados (tiempo fijo) y dos fases hasta la más compleja de tipo multifase. Esta sección describe los varios tipos de operación semafórica y su impacto en la capacidad. Generalmente se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semafóricas:

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

**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 18. Esquema de fase en una intersección semaforizada**



**Fuente:** Tomado de (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” más el “todo rojo” que tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha: se presenta con el símbolo y se mide 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.

**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.

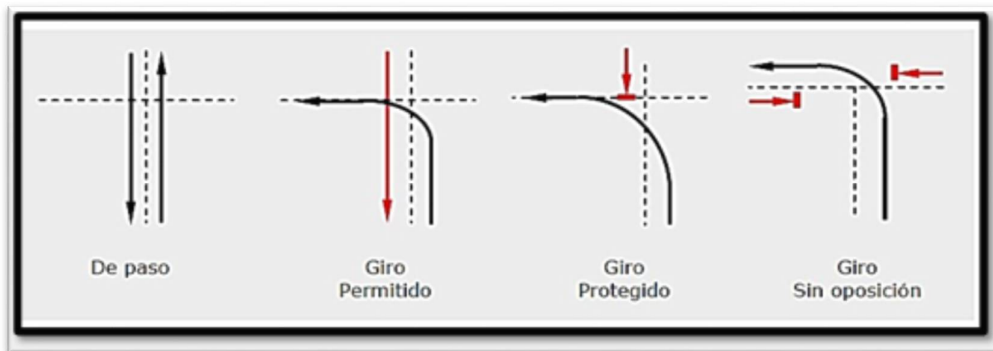
- **De paso:** El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.

- **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 García José F., 2000**)

**FIGURA 19. Tipos de movimientos en una intersección**



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

#### 2.4.1.1.5. 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.

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.

#### 2.4.1.2. 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 - 2018,**)

## **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-2018 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**)

### **2.5.1. 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:

#### **2.5.1.1. 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**)

#### 2.5.1.2. 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**)

#### 2.6. Teoría de colas

La teoría de intersecciones semaforizadas se enfoca en la estimación de demoras y colas, que son las medidas de eficiencia con las que se determina el nivel de servicio de una intersección semaforizada. Esta estimación depende de los procesos de llegada o arribo de vehículos (demanda) y servicio brindado por la intersección (oferta), por lo que para evaluar los parámetros involucrados se emplean modelos descriptivos que contienen tanto componentes determinísticos o uniformes; como estocásticos (también llamados aleatorios o de sobresaturación) (TRB, 1992, p. 9-1).

#### 2.7. Capacidad y Nivel de Servicio

En un inicio, la ingeniería de tráfico buscaba básicamente la determinación de la capacidad de un dispositivo vial. Sin embargo, es común que aun cuando la demanda se encuentre por debajo de la capacidad, pero próxima a ella, el régimen de circulación se haga forzado; generando molestias en los usuarios que evidentemente prefieren un flujo libre.

Es a raíz de este hecho que fue necesario establecer un parámetro que adicionalmente midiera la calidad de servicio, el mismo que se denomina nivel de servicio.

##### 2.7.1. Capacidad en intersecciones semaforizadas

Según el TRB (2010), la capacidad para una intersección semaforizada se define para cada grupo de carriles como la máxima tasa horaria a la cual los vehículos pueden cruzar la



intersección bajo condiciones prevalecientes del tráfico, la vía y la semaforización.

### 2.7.2. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Para un flujo discontinuo, la demora por control es la medida operacional crucial para definir el nivel de servicio (NS), La Tabla 2 muestra la correspondencia entre la demora y el NS según el TRB (2000).

**Tabla 2. Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas**

Nivel de Servicio	Características de Operación	Demora por Control (s/veh)
A	Baja demora, coordinación extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no se detienen.	$\leq 10$
B	Ocurre con una buena coordinación y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse.	$> 10 - 20$
C	Ocurre con una coordinación regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar.	$> 20 - 35$
D	Empieza a notarse la influencia de congestión ocasionada por un ciclo largo y/o una coordinación desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	$> 35 - 55$
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una coordinación muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	$> 55 - 80$
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una coordinación muy pobre y/o ciclos demasiado largos.	$> 80$

**Fuente:** Tomado del HCM-2010

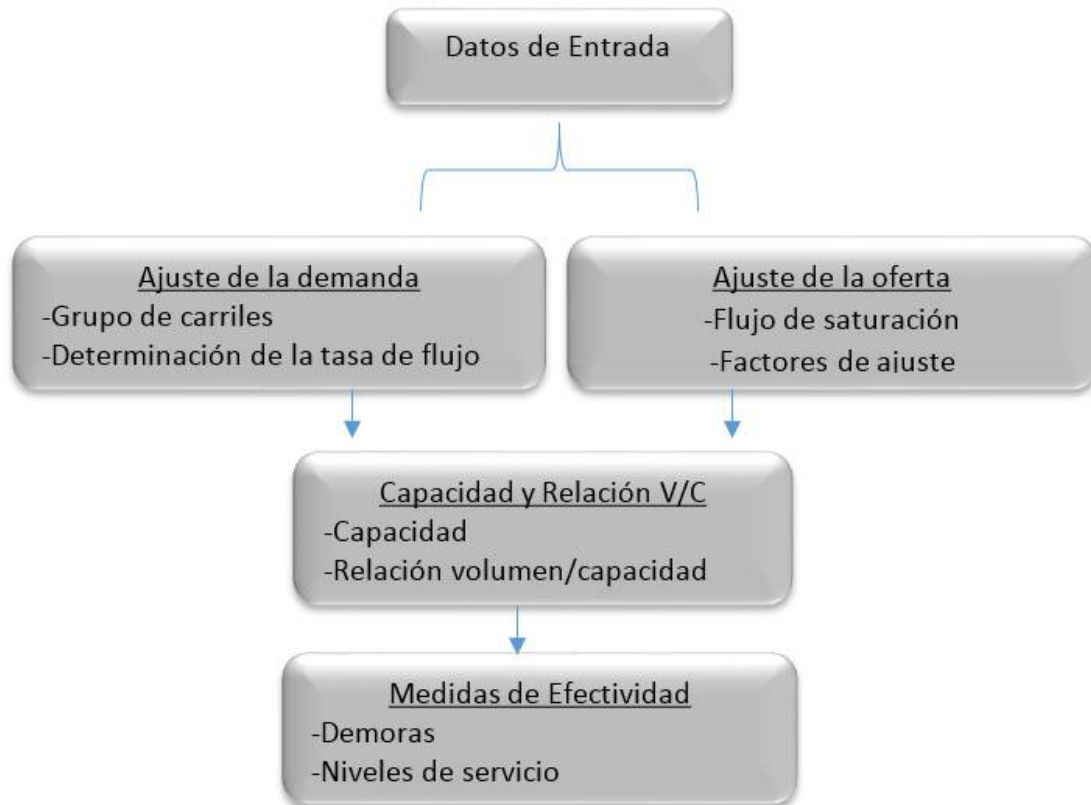
## 2.8. Metodología del HCM

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

### 2.8.1. Análisis Operacional

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

**Tabla 3. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas**



**Fuente:** Tomado del HCM-2010

### 2.8.2. Datos de Entrada



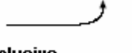
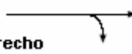
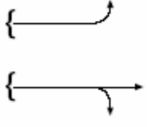
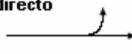
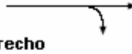
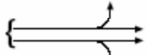
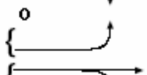
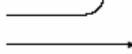
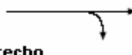

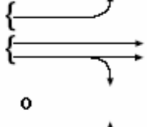

### 2.8.3. Ajuste de la Demanda

#### 2.8.3.1. Agrupamiento de carriles

La metodología del HCM considera los accesos de una intersección de manera individual y los grupos de carriles de cada acceso también de forma individual. La segmentación toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de movimientos. En la Tabla 4 se presentan algunos agrupamientos de carriles comunes. (HCM 2010)



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

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

**Fuente:** Tomado del HCM-2010

### 2.8.3.2. Determinación de la tasa de flujo

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

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

Donde,

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

$V$ : volumen horario (veh/h).

$FHP$ : factor de hora pico.

Debido a que no todos los movimientos pueden alcanzar su volumen pico en el mismo periodo de 15 minutos, es recomendable observar directamente los flujos cada 15 minutos y seleccionar el periodo crítico de análisis. (HCM 2010)



#### 2.8.4. Ajuste de la Oferta

##### 2.8.4.1. Determinación de la tasa de flujo de saturación

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

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

Donde,

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

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

$N$ : número de carriles del grupo de carriles.

$fW$ : factor de ajuste por ancho de carriles.

$fHV$ : factor de ajuste por vehículos pesados.

$fg$ : factor de ajuste por pendiente del acceso.

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

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

$fa$ : factor de ajuste por tipo de área.

$fLU$ : factor de ajuste por utilización de carriles.

$fLT$ : factor de ajuste por giros a la izquierda.

$fRT$ : factor de ajuste por giros a la derecha.

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

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

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

##### 2.8.4.2. Factores de ajuste del flujo de saturación

###### 2.8.4.2.1. Ajuste por ancho de carril ( $fW$ )

Es aquel que incorpora el impacto negativo de carriles angostos en la tasa de flujo de saturación, así como también permite una tasa de flujo mayor en carriles anchos. El ancho de carril considerado estándar es de 3.6m. **(HCM 2010)**

###### 2.8.4.2.2. Ajuste por vehículos pesados ( $fHV$ )

Es aquel que incorpora el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y sus diferencias operativas en comparación con los vehículos livianos. El equivalente en vehículos livianos (ET) empleado para cada vehículo pesado es de 2 vehículos livianos y es reflejado en la fórmula de la Tabla 6. **(HCM 2010)**





#### **2.8.4.2.3. Ajuste por pendiente del acceso (fg)**

Es aquel que incorpora el efecto de la pendiente de la rasante sobre la operación de todos los vehículos, incluyendo vehículos pesados y livianos. (HCM 2010)

#### **2.8.4.2.4. Ajuste por estacionamientos (fP)**

Es aquel que incorpora los bloqueos ocasionales debido a las maniobras de estacionamiento. Se emplea el número de maniobras por hora en estacionamientos adyacentes al grupo de carriles y dentro de 75 m corriente arriba desde la línea de parada. Además, se considera un límite práctico de 180 maniobras como máximo y se debe tener en cuenta que las condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente que una situación donde no hay estacionamientos. (HCM 2010)

#### **2.8.4.2.5. Ajuste por bloqueo de buses (fbb)**

Es aquel que incorpora el tránsito local de buses que se detienen a recoger o dejar pasajeros dentro de los 75 m desde la línea de parada (corriente arriba o corriente abajo). Este factor solo se debería emplear cuando los buses detenidos bloquean el flujo de tráfico<sup>15</sup>. Se emplea un límite práctico de 250 paradas como máximo. (HCM 2010)

#### **2.8.4.2.6. Ajuste por tipo de área (fa)**

Es aquel que incorpora la ineficiencia relativa de las intersecciones en los distritos de negocios. Es apropiado en áreas con características de un distrito central de las cuales incluyen derechos de paso en calles angostas, maniobras de parqueo frecuentes, bloqueo de vehículos, actividades de taxis y buses, pequeños radios de giro, uso limitado de carriles exclusivos de giro, alta actividad de peatones, etc. (HCM 2010)

#### **2.8.4.2.7. Ajuste por utilización de carril (fLU)**

Es aquel que incorpora la distribución desigual del tráfico entre los carriles en un grupo de carriles con más de un carril. El factor fLU está basado en el flujo del carril con el volumen más alto y se calcula empleando la ecuación correspondiente de la Tabla 6 (HCM 2010)

. Ajuste por giros a la derecha (fRT)

Es aquel que intenta reflejar el efecto de la geometría. Depende de si los giros se realizan desde un carril exclusivo o compartido y de la proporción de vehículos en el grupo de carriles que giran a la derecha. Nótese que el factor de giro a la derecha es 1.0 si el grupo de carriles no incluye ningún giro a la derecha. (HCM 2010)

#### **2.8.4.2.8. Ajuste por giros a la izquierda (fLT)**

Los factores de ajuste por giros a la izquierda dependen de si los giros son protegidos o permitidos y de si se realizan desde un carril exclusivo o compartido. El procedimiento



detallado en el Apéndice C del Capítulo 16 del HCM 2000 es utilizado en el presente trabajo.

**(HCM 2010)**

#### **2.8.4.2.9. Ajuste por peatones y bicicletas ( $f_{Lpb}$ y $f_{Rpb}$ )**

El procedimiento para la determinación de los factores de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas tanto para giros a la izquierda como para giros a la derecha, se detalla en el Apéndice D del Capítulo 16 del HCM 2010, el mismo que es empleado en esta investigación.

En la Tabla 6 se presentan y resumen todos los factores de ajuste mencionados junto con las fórmulas para su cálculo. **(HCM 2010)**



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

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

Fuente: Tomado del HCM-2010



## 2.8.5. Determinación de la Capacidad y la Relación v/c

### 2.8.5.1. Capacidad

En intersecciones semaforizadas la capacidad se basa en los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación.

$$c_i = s_i \left( \frac{g_i}{C} \right)$$

Donde,

$c_i$ : capacidad del grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$s_i$ : tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$g_i$ : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (s).

$C$ : longitud del ciclo del semáforo (s).

$g_i/C$ : proporción de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$ .

### 2.8.5.2. Relación v/c

La relación v/c es a menudo denominada relación de volumen-capacidad o grado de saturación y expresa la razón entre la tasa de flujo ( $v$ ) y la capacidad ( $c$ ). En el análisis de intersecciones es representada con el símbolo  $X$ , por lo que para un grupo de carriles dado  $i$ ,  $X_i$  se calcula empleando la Ecuación.

$$X_i = \left( \frac{v}{c} \right)_i = \frac{v_i}{s_i \left( \frac{g_i}{C} \right)} = \frac{v_i C}{s_i g_i}$$

Donde,

$X_i$ : relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles  $i$ .

$v_i$ : tasa de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$c_i$ : Capacidad del grupo de carriles  $i$ .

$s_i$ : tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$g_i$ : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (s).

$C$ : longitud del ciclo (s).

## 2.8.6. Medidas de Efectividad

### 2.8.6.1. Determinación de la demora

Los valores derivados de los cálculos de demora representan la demora media por control experimentada por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis, incluyendo



aquellas demoras contraídas fuera del mismo cuando el grupo de carriles se encuentra sobresaturado. La demora por control además considera los movimientos a bajas velocidades y las detenciones conforme los vehículos se mueven en la cola o disminuyen la velocidad corriente arriba de la intersección. La demora promedio por control por vehículo para un grupo de carriles se obtiene mediante la Ecuación.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Donde,

$d$ : demora por control por vehículo (s/veh).

$d1$ : demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

$PF$ : factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene en cuenta los efectos de la coordinación de semáforos.

$d2$ : demora incremental que toma en cuenta los efectos de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo de análisis y el tipo de controlador; este componente de la demora asume que no hay cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).

$d3$ : demora por cola inicial, la cual tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos en el periodo de análisis debido a las colas iniciales al comienzo del periodo de análisis (s/veh).

### 2.8.6.2. Demora uniforme

Es aquella demora que se obtiene al asumir el caso ideal de llegadas uniformes, flujo estable, y ausencia de cola inicial. La Ecuación 16 brinda una estimación aceptada y precisa de la demora uniforme, la cual está basada en el primer término de la fórmula de demora de. Nótese que los valores de  $X$  no pueden ser mayores de 1.

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

Donde,

$d1$ : demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).



$C$ : longitud del ciclo (s); longitud de ciclo empleada en semáforos con controladores de tiempo fijo.

$g$ : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s); tiempo de verde empleado en semáforos con controladores de tiempo fijo.

$X$ : relación  $v/c$  o grado de saturación para el grupo de carriles.

### 2.8.6.3. Factor de ajuste por coordinación

El factor de ajuste por coordinación es aquel que incorpora el efecto de la coordinación de semáforos. Se entiende que una buena coordinación de semáforos resultará en una alta proporción de vehículos llegando durante el verde, mientras que una coordinación pobre resultará en una baja proporción de vehículos que llegan en verde. El factor de ajuste por coordinación (PF) se aplica a todos los grupos de carriles coordinados, incluyendo a los grupos de carriles con controles de tiempo fijo.

La coordinación afecta fundamentalmente a la demora uniforme, y por esta razón el ajuste se aplica solo a  $d1$ . El valor de PF puede determinarse usando la Ecuación.

$$PF = \frac{(1 - P) f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)}$$

Donde,

$PF$ : factor de ajuste por coordinación.

$P$ : proporción de vehículos que llegan en verde.

$g/C$ : proporción de tiempo de verde disponible.

$f_{PA}$ : factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde.

Si se llevan a cabo mediciones de campo,  $P$  debería determinarse como la proporción de vehículos en el ciclo que arriban a la línea de parada o que se unen a la cola (estacionaria o en movimiento) mientras se presenta la fase verde.



**Tabla 6. Factor de ajuste por coordinación para el cálculo de la demora uniforme (TRB, 2010, p. 16-20)**

Relació n	Tipo de Llegada					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
<b>fP</b>	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
<b>R</b>						

**Fuente:** Tomado del HCM-2010

#### 2.8.6.4. Demora incremental

Es aquella demora que toma en consideración llegadas no uniformes y colapsos temporales de ciclos (demora aleatoria), así como los periodos sustanciales de sobresaturación (demora de sobresaturación). La demora incremental se puede estimar mediante la Ecuación 18, la cual asume que no hay demanda insatisfecha que genere colas iniciales al comienzo del periodo de análisis (T). El término de demora incremental es válido para todos los valores de X, incluyendo grupos de carriles altamente sobresaturados.

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$$

Donde,

$d_2$ : demora incremental que toma en cuenta los efectos de colas aleatorias y sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo de análisis y el tipo de controlador del semáforo (s/veh).

$T$ : duración del periodo de análisis (h).

$k$ : factor de demora incremental que es dependiente del ajuste de los controladores.

$I$ : factor de ajuste por ingresos a la intersección corriente arriba.

$c$ : capacidad del grupo de carriles (veh/h).

$X$ : relación v/c para el grupo de carriles o grado de saturación.

El término de calibración ( $k$ ) o factor de calibración de demora incremental se incluye en la Ecuación para incorporar el efecto del tipo de controlador. Para semáforos de tiempo fijo se emplea un valor de  $k = 0.50$ . Por otro lado, el factor de ajuste de demora incremental ( $I$ )



incorpora los efectos de ingresos desde semáforos corriente arriba en intersecciones coordinadas. Para el caso de intersecciones aisladas I tomará el valor de 1.

#### 2.8.6.5. Demora por cola inicial

Es la demora adicional que se genera debido a las colas residuales (remanentes o insatisfechas) del periodo previo, ya que estas deberán primero despejar la intersección antes de dar paso a los vehículos que llegan durante el periodo de análisis. En los casos en que  $X > 1$  para un periodo de 15 minutos, el siguiente periodo comenzará con una cola inicial denominada  $Q_b$ , que es expresada en vehículos y debe observarse al inicio del rojo. Siempre y cuando  $Q_b \neq 0$ , los vehículos que lleguen durante el periodo de análisis experimentarán una demora por cola inicial, que se designa por  $d_3$ . Para estimar la demora por cola inicial existen cinco posibles escenarios de análisis, que se describen a continuación:

**Caso 1:** el periodo es no saturado sin cola inicial. Por lo tanto,  $d_3=0$

**Caso 2:** el periodo es sobresaturado sin cola inicial. Por lo tanto,  $d_3=0$

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1+u)t}{cT}$$

Donde,

$Q_b$ : cola inicial al inicio del periodo T (veh).

$c$ : capacidad (veh/h).

$T$ : duración del periodo de análisis (h).

$t$ : duración de la demanda insatisfecha (h).

$u$ : parámetro de demora.

#### 2.8.7. Determinación del nivel de servicio

Tal como se mencionó en el ítem 2.7.2, la demora media por control es la medida de eficiencia determinante en la estimación del nivel de servicio para intersecciones semaforizadas. Por lo tanto, el nivel de servicio se determina empleando la Tabla 2.

### 2.9. Synchro Studio 8

Synchro Plus es un completo paquete de software para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico.

Synchro Plus es un paquete de software que incluye:

- Synchro, un análisis macroscópico y programa de optimización;
- SimTraffic, un potente y fácil de usar aplicación de software de simulación de tráfico;





- 3D Viewer, una vista tridimensional de simulaciones SimTraffic;
- SimTraffic CI, una aplicación que interactúa con una interfaz de controlador (IC) del dispositivo conectado a un controlador para simular el funcionamiento del controlador con simulado tráfico.

### **2.9.1. Análisis**

Synchro implementa los métodos del HCM 2000 y recientemente lanzado EL HCM 2010 Carretera Capacidad

El Synchro ofrece una solución fácil de usar para el análisis individual de la capacidad de intersección y de temporización de optimización.

Además de calcular la capacidad y niveles de servicio, Synchro puede optimizar la duración del ciclo, y de esa forma buscar la mejor optimización.

### **2.9.2. Coordinar y optimizar**

Synchro permite la generación rápida de los planes óptimos de tiempo. Synchro optimiza la duración del ciclo, tiempos parciales, compensaciones y secuencia de fases para minimizar las paradas de controladores y el retraso.

Synchro es completamente interactivo. Cuando se cambian los valores de entrada, los resultados se actualizan automáticamente.

### **2.9.3. Las intersecciones semaforizadas**

Modelos Synchro 8.0 intersecciones semaforizadas está basada en el Manuales Capacidad de Carreteras HCM 2010. Requisitos de entrada incluyen el movimiento de giro recuentos, geometría intersección y el tipo de control de señal para cada enfoque (detener, rendimiento o de flujo libre).

## **2.10. Modelamiento y Simulación PTV Vissim**

**¿Qué es VISSIM?** Es un programa que puede analizar la operación del transporte público y privado bajo condiciones como configuración de carriles, composición vehicular, semáforos, paradas TP, etc., convirtiéndose así en una herramienta útil para la evaluación de diferentes alternativas basadas en ingeniería de transporte y planeación de indicadores de desempeño.

Adicionalmente, los flujos peatonales también pueden ser modelados, de forma exclusiva o combinados con el transporte público y/o privado.



## 2.10.1. CASOS DE APLICACIÓN DE PTV VISSIM

### 2.10.1.1. INTERSECCIONES

Desde los cruces más sencillos, pasando por las típicas intersecciones semaforizadas, y hasta los esquemas operativos más específicos posibles: con PTV Vissim, se puede representar y analizar cualquier geometría de intersección y cualquier esquema de prioridad y semaforización.

#### **Control Semafórico**

La operación semafórica influye decisivamente en lo que ocurre en los sistemas viales, especialmente en los urbanos. Con PTV Vissim, los ingenieros de tráfico pueden modelar y optimizar todo tipo de control de semafórico, ya sea un controlador de tiempo fijo, un control actuado por el tráfico o prioridades al transporte público.

#### **Control de Tiempo Fijo Basado en Fases y Grupos de Señales**

En PTV Vissim, se pueden leer o introducir, y posteriormente optimizar, matrices de tiempos de interfaz y programas semafóricos creados externamente. Así, los ingenieros del tráfico pueden proporcionar controles de tiempo fijo basándose en grupos de señales: gracias a la representación clara de diagramas de tiempos en un editor gráfico, los posibles problemas de tiempos de seguridad se pueden reconocer y corregir rápidamente.

#### **Control Semafórico Actuado por Vehículos**

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

#### **Intersecciones no Semaforizadas**

Los nudos de comunicaciones no señalizados, como por ejemplo las rotondas o los nudos que se rigen por la prioridad, se pueden simular asimismo con PTV Vissim. El concepto de rutas y conectores permite crear geometrías detalladas. De este modo, en zonas conflictivas y alteraciones de cruces de tráfico, se pueden definir flujos principales y realizar ajustes detallados y, en parte, específicos para la clase de vehículo en el nudo. Entre otros, se puede ajustar la visibilidad y la aceptación de huecos de tiempo y de trayecto.

#### **Multimodalidad**

PTV Vissim ofrece a los ingenieros del tráfico mucha flexibilidad gracias a la que pueden

configurar modelos vehiculares de forma sumamente realista, incluso incluyendo elementos de control específicos por carril y tipo de vehículo. Así, por ejemplo, las bicicletas y los autos se pueden controlar por distintas señales semafóricas aun estando en el mismo carril.

**FIGURA 20. Simulación de intersección con diferentes modos de transporte**



**Fuente.** Tomado de PTV Vissim

Además, en caso necesario, los ingenieros del tráfico pueden determinar el grado de obediencia a la señal de alto para distintos tipos de vehículo en PTV Vissim. De esta manera, se puede analizar cómo afecta a la operación de una intersección el que haya vehículos o peatones que se pasen el semáforo en rojo, y si esto incrementa o reduce la capacidad y demoras promedio de la intersección.

PTV Vissim visualiza con solo pulsar un botón los resultados de varios análisis o pasos de modelado individuales. Esto ayuda al ingeniero de tráfico con la evaluación de las medidas propuestas. Además, la herramienta de simulación ofrece una representación realista en 3D, una ventaja en cualquier presentación ante público no experto

**FIGURA 21: Simulación multimodal de una intersección compleja con PTV Vissim**



**Fuente.** Tomado de PTV Vissim



### 3. CAPITULO III: METODOLOGIA

#### 3.1. Metodología de la Investigación

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación es del tipo *cuantitativa* y en algunos aspectos se tomarán datos que se van a interpretar cualitativos.

##### 3.1.2. Nivel de Investigación

La investigación será de nivel *aplicativo*, ya que tiene un producto final.

##### 3.1.3. Método de Investigación

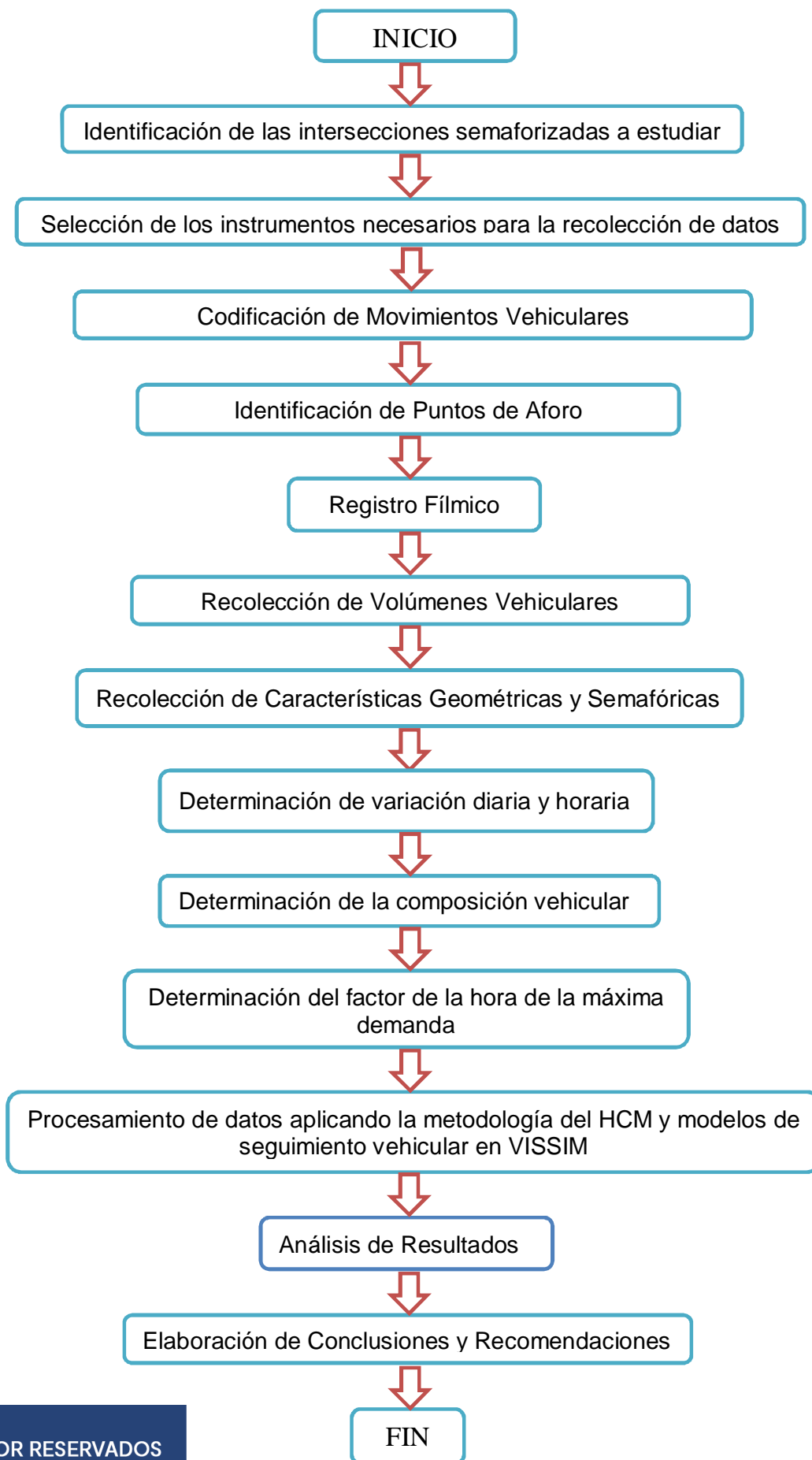
La investigación es **Descriptiva**, ya que medirá las variables que intervienen en el estudio y describirá la realidad con mayor precisión.

#### 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 son las intersecciones semaforizadas en toda la ciudad del Cusco, las cuales por ser de gran importancia necesitan un mayor estudio.

Estas intersecciones han sido creados y construido muchos años atrás y se han está regulando con el paso del tiempo. Su diseño es bastante antiguo.

##### **3.3.1.2. Cuantificación del Universo**

El universo donde se aplicó la investigación fueron las intersecciones semaforizadas de la Av. La Cultura de la ciudad el Cusco, con gran demanda vehicular, ya que en estas se generan conflictos y congestionamiento vehicular que afecta el transito vial.

#### **3.3.2. Muestra**

##### **3.3.2.1. Descripción de la Muestra**

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

- ✓ Av. De la Cultura con Callejón Retiro y Av. Tacna
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Mariscal Gamarra
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Universitaria
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Víctor R. Haya de la Torre y Av. Hermanos Ayar
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Prolongación Wayruropata
- ✓ Av. De la Cultura con Ca. Sacsayhuaman
- ✓ Av. De la Cultura con Jr. Ricardo Palma
- ✓ Av. De la Cultura con Av. José Gabriel
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Perú y Rafael Aguilar Pérez
- ✓ Av. De la Cultura con Calle Urb. Santa Úrsula

##### **3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra:**

Apoyándonos a las definiciones anteriores, la muestra comprende todos aquellos vehículos dentro de las intersecciones semaforizadas que serán usados para la aplicación de la metodología del HCM.

La muestra de la investigación coincidió con la población anteriormente establecida.

Dices áreas de estudio, cada intersección semaforizada se detallan a continuación:



- ✓ Av. De la Cultura con Callejón Retiro y Av. Tacna
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Mariscal Gamarra
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Universitaria
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Víctor Haya de la Torre y Av. Hermanos Ayar
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Prolongación Wayruropata
- ✓ Av. De la Cultura con Ca. Sacsayhuaman
- ✓ Av. De la Cultura con Jr. Ricardo Palma
- ✓ Av. De la Cultura con Av. José Gabriel
- ✓ Av. De la Cultura con Av. Perú y Rafael Aguilar Pérez
- ✓ Av. De la Cultura con Calle Urb. Santa Úrsula

#### **3.3.2.3. Método de Muestreo:**

El método de muestreo utilizado para esta investigación es de carácter no probabilístico por conveniencia, ya que se basa en una metodología específica del manual HCM y es necesario contabilizar todos los vehículos que transitan por cada intersección de la Av. la Cultura.

#### **3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra:**

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

- 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).

### **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 7: Ficha de aforo vehicular.

 <b>T E S I S</b>		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"						
		TESISTA: MARIO DEVIS CALLOQUISPE ARIAS						
FECHA:		HORA:		SENTIDO:				
INTERSECCION:								
HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS 2E	CAMION		TOTAL
		PICK UP	RURAL combi			2E	3E	
DIAGRAMA VEH.								
7:00 - 7:15								
7:15 - 7:30								
7:30 - 7:45								
7:45 - 8:00								
8:00 - 8:15								
8:15 - 8:30								
8:30 - 8:45								
8:45 - 9:00								
9:00 - 9:15								
1:00 - 1:15								
1:15 - 1:30								
1:30 - 1:45								
1:45 - 2:00								
2:00 - 2:15								
5:00 - 5:15								
5:15 - 5:30								
5:30 - 5:45								
5:45 - 6:00								
6:00 - 6:15								
6:15 - 6:30								
6:30 - 6:45								
6:45 - 7:00								
PARCIAL								

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.1.2. Ficha de Características Geométricas

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

Tabla 8: Formato de ficha de características geométricas de la vía

 <b>T E S I S</b>		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"	
		TESISTA: MARIO DEVIS CALLOQUISPE ARIAS	
INTERSECCION:			
DIA			N° DE CALZADA
SENTIDO DE CIRCULACION			
ANCHO DE CALZADA			
PENDIENTE(%)			
NUMERO DE CARRILES			
ANCHO DE CARRIL			


Fuente: Elaboración Propia



### 3.4.1.3. 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 9: Formato de ficha de características semafóricas de la vía

 TESISTA	<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>		
TESISTA:	MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS		
INTERSECCION:			
DIA		CODIFICACION:	
TIEMPO DE SEMAFORIZACION	ROJO:		
	AMARILLO:		
	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, se instaló una cámara filmadora con su respectivo trípode con el objetivo de registrar los movimientos vehiculares en hora pico.

FIGURA 22: Cámara Filmadora



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2. Cinta Métrica

Este instrumento se utilizó para medir las medidas a detalle la calzada y sus componentes

**FIGURA 23: Cinta Métrica**



**Fuente: Elaboración propia**

### 3.4.2.3. Cronometro

Este instrumento se utilizó para medir el tiempo transcurrido al momento de hacer el conteo vehicular.

**FIGURA 24: Cronometro**



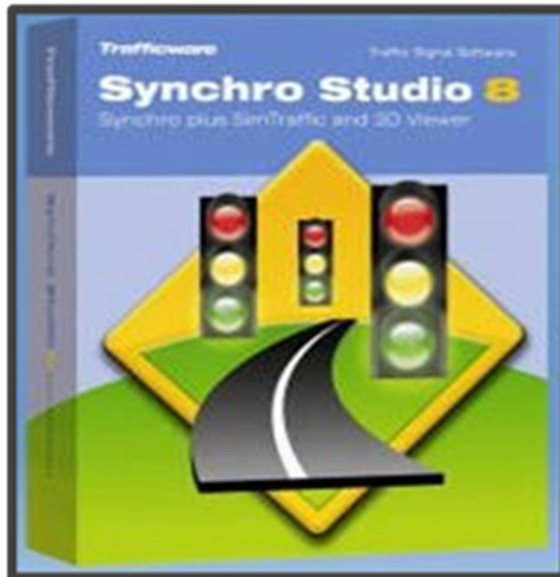
**Fuente: Elaboración propia**

#### 3.4.2.4. SYNCHRO

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.

**FIGURA 25: Synchro 8 Educacional**



**Fuente: Synchro**

#### 3.4.2.5. 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 26: VISSIM modelo**



**Fuente: Vissim**

### **3.5. Procedimientos de Recolección de Datos:**

#### **3.5.1. Recolección de Datos de la Intersección Semaforizada Av. La Cultura con Av. Tacna y Callejón Retiro.**

##### **3.5.1.1. Equipos y/o Herramientas**

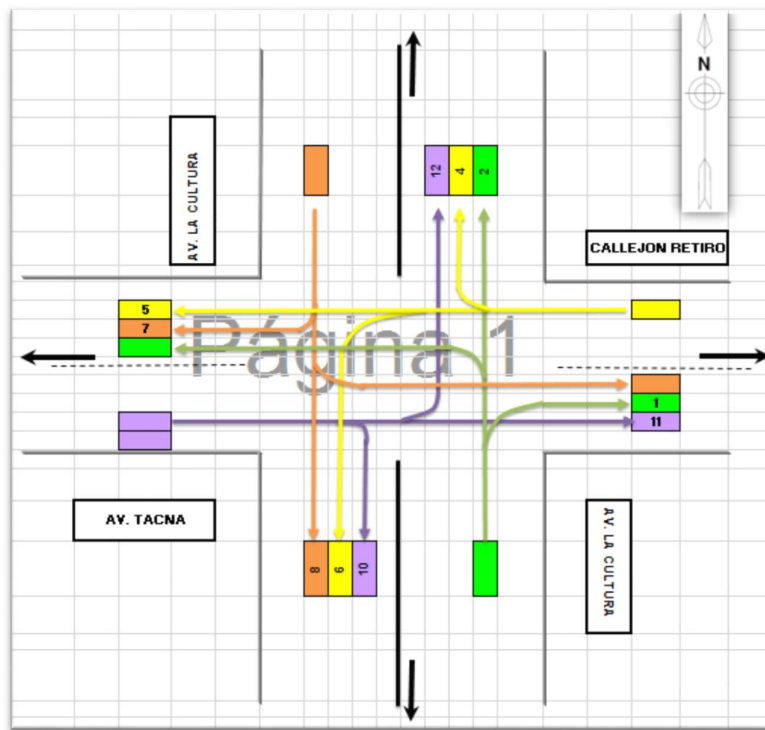
- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

##### **3.5.1.2. Procedimientos**

###### **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.se observa en el siguiente gráfico.

FIGURA 27: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección semaforizada



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1.2.2. Identificación de Punto 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.

### 3.5.1.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.



**FIGURA 28. Registro fílmico de la intersección**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.1.2.4. Recolección de Características Geométricas de la Vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 29. Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.1.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 30: Recolección de características semafóricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.1.3. Datos**

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la



ficha correspondiente que detallan a continuación.

**Tabla 10: Características geométricas**

		<b>T E S I S</b>					<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>				
<b>TESISTA:</b>		<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>									
<b>INTERSECCION:</b>		<b>Av. La Cultura-callejón Retiro</b>									
<b>DIA</b>		12/03/2019									
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E							
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	7	7	3	3							
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%							
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	2	2	1	1							
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	3	3							

**Fuente: Elaboración Propia**

### 3.5.2. Recolección de datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura - Av. Mariscal Gamarra

#### 3.5.2.1. Equipos y/o herramientas

- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

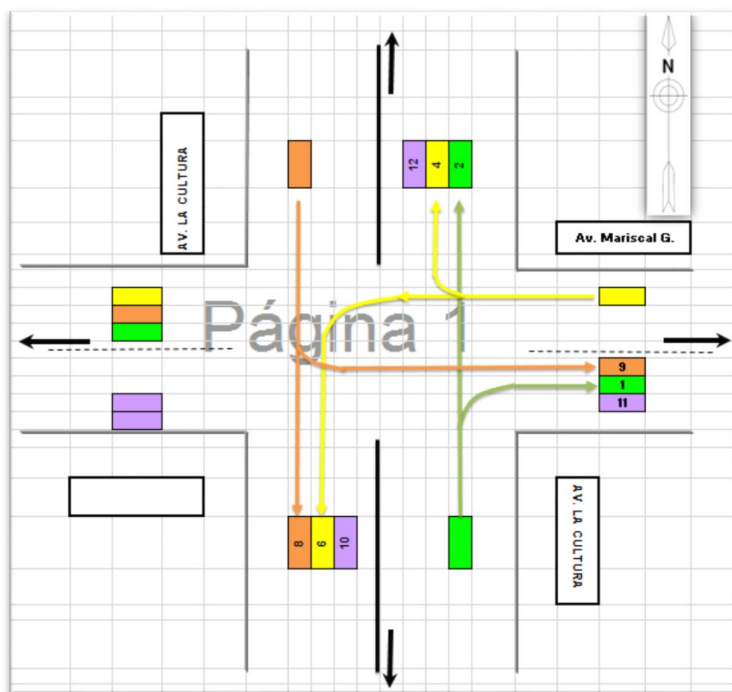
#### 3.5.2.2. Procedimientos

##### 3.5.2.2.1. 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. Se observa en el siguiente gráfico.



FIGURA 31: Codificación de movimientos vehiculares



Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.2.2.2. Identificación de punto 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.

#### 3.5.2.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.



**FIGURA 32. Registro fílmico de la intersección**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.2.2.4. Recolección de características geométricas de la vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 33: Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.2.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 34: Recolección de Características Semafóricas**




**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.2.3. Datos**

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.



Tabla 11: Características geométricas

	<b>T E S I S</b>					
<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>						
<b>TESISTA:</b>	<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>					
<b>INTERSECCION:</b>	<b>Av. La Cultura-Av. Mariscal Gamarra</b>					
<b>DIA</b>	<b>12/03/2019</b>					
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E		
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	10.5	10.5	3	3		
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%		
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	3	3	1	1		
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	3	3		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura - Av. Universitaria

#### 3.5.3.1. Equipos y/o herramientas

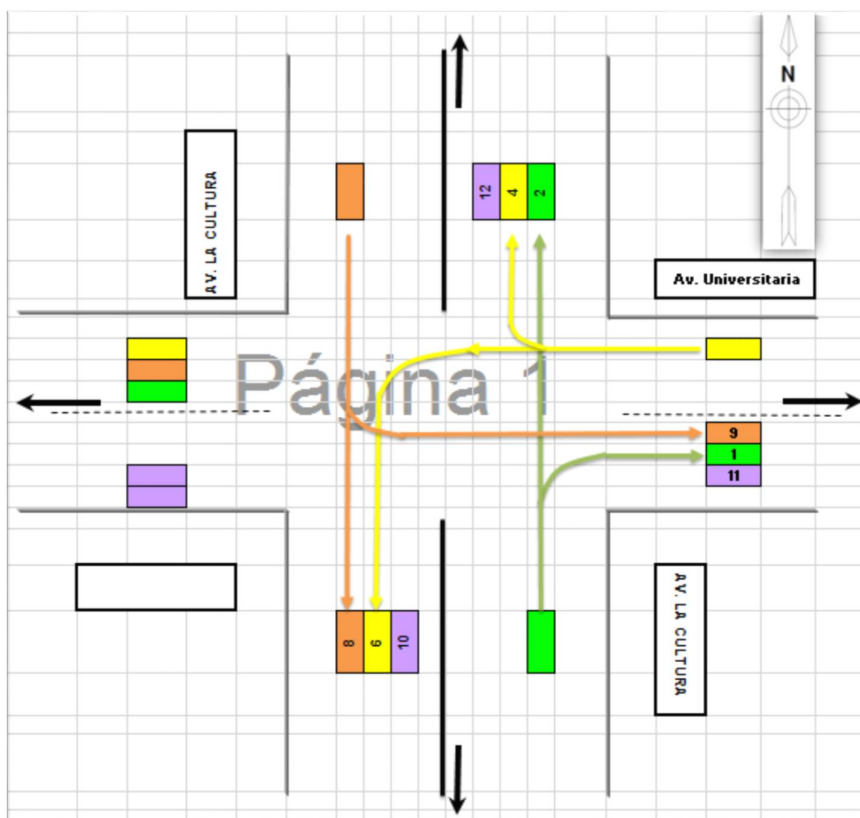
- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

#### 3.5.3.2. Procedimientos

##### 3.5.3.2.1. 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. se observa en el siguiente gráfico.

FIGURA 35: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.2.2. Identificación de punto 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.

### 3.5.3.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.

**FIGURA 36. Registro Fílmico de la intersección**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.3.2.4. Recolección de características geométricas de la vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 37. Recolección de características geométricas**



Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.3.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 38: Recolección de Características Semafóricas**




Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.3.3. Datos

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.



Tabla 12: Características geométricas

	<b>T E S I S</b>	<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>				
<b>TESISTA:</b>	<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>					
<b>INTERSECCION:</b>	<b>Av. La Cultura-Av. Universitaria</b>					
<b>DIA</b>	<b>12/03/2019</b>					
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E		
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	10.5	10.5	5.6	5.6		
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%		
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	3	3	2	2		
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	2.8	2.8		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura – Av. Hermanos Ayar

#### 3.5.4.1. Equipos y/o herramientas

- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

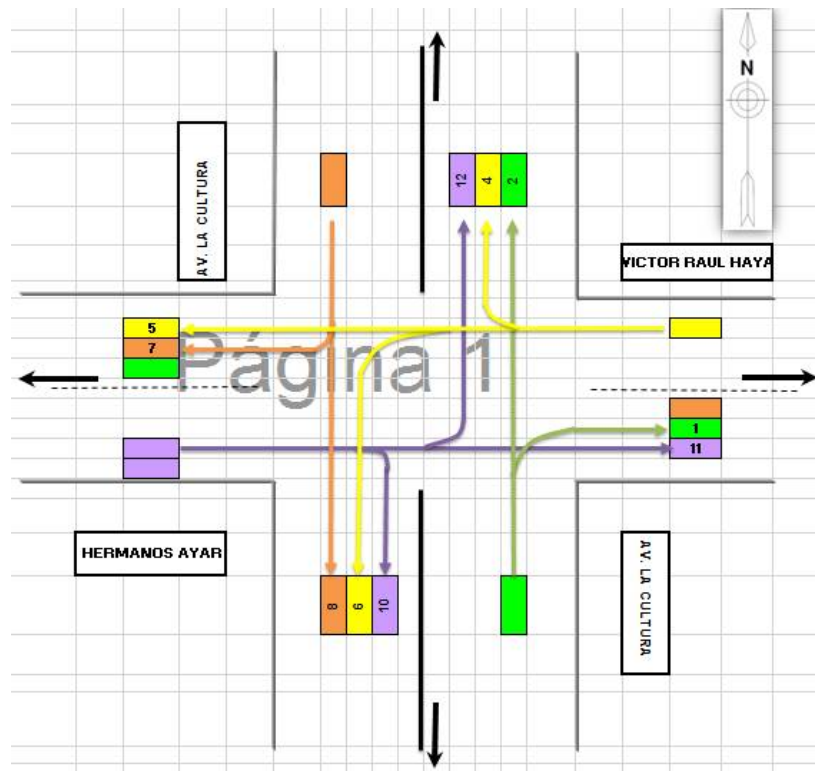
#### 3.5.4.2. Procedimientos

##### 3.5.4.2.1. 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.se observa en el siguiente gráfico.



FIGURA 39: Codificación de movimientos vehiculares



Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.4.2.2. Identificación de punto 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.

#### 3.5.4.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.

**FIGURA 40. Registro Fílmico de la intersección**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.4.2.4. Recolección de características geométricas de la vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 41. Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.4.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 42: Recolección de Características Semafóricas**




**Fuente: Elaboración propia**



### 3.5.4.3. Datos

Los datos obtenidos de las características geométricas y semaforicas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.

Tabla 13: Características geométricas

	<b>TESIS</b>					
	<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>					
<b>TESISTA:</b>	<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>					
<b>INTERSECCION:</b>	<b>Av. La Cultura-Hermanos Ayar</b>					
<b>DIA</b>	<b>12/03/2019</b>					
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E		
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	10.5	10.5	5.6	5.6		
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%		
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	3	3	2	2		
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	2.8	2.8		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura – Av. Prolongación Wayruropata.

#### 3.5.5.1. Equipos y/o herramientas

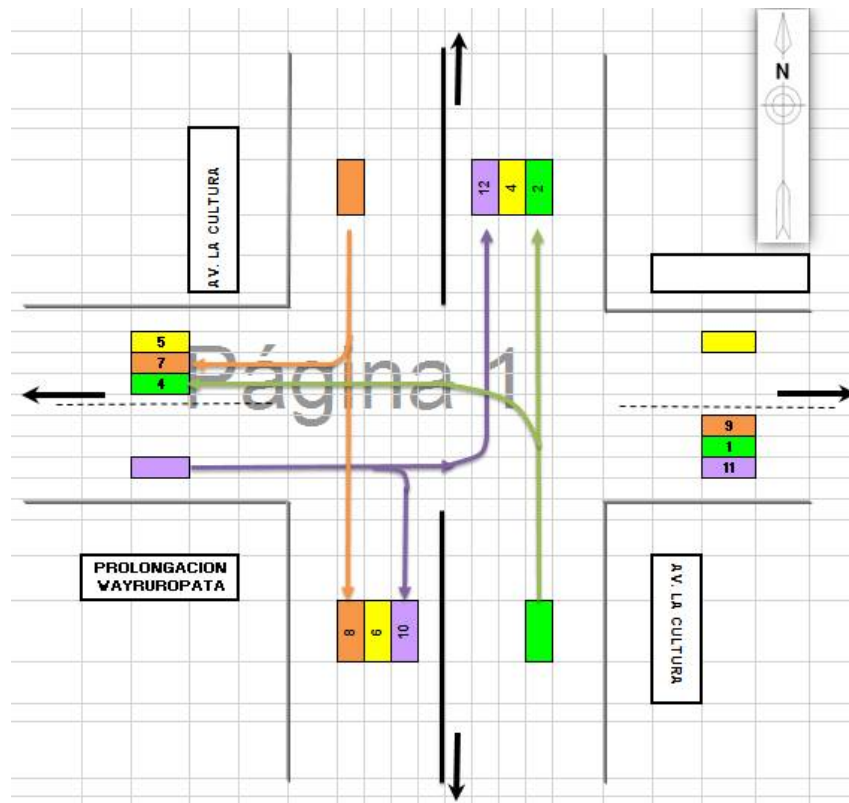
- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

#### 3.5.5.2. Procedimientos

##### 3.5.5.2.1. 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.se observa en el siguiente gráfico.

FIGURA 43: Codificación de movimientos vehiculares



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5.2.2. Identificación de punto 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.

### 3.5.5.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.



**FIGURA 44. Registro Fílmico de la intersección**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.5.2.4. Recolección de características geométricas de la vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 45:Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.5.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 46: Recolección de Características Semafóricas**




**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.5.3. Datos**

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.



Tabla 14: Características geométricas

	T E S I S	<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>				
<b>TESISTA:</b>		<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>				
<b>INTERSECCION:</b>		<b>Av. La Cultura-Prolongacion Wayruropata</b>				
<b>DIA</b>		12/03/2019				
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E		
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	10.5	10.5	5.6	5.6		
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%		
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	3	3	2	2		
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	2.8	2.8		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.6. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura – Av. Sacsayhuaman

#### 3.5.6.1. Equipos y/o herramientas

- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

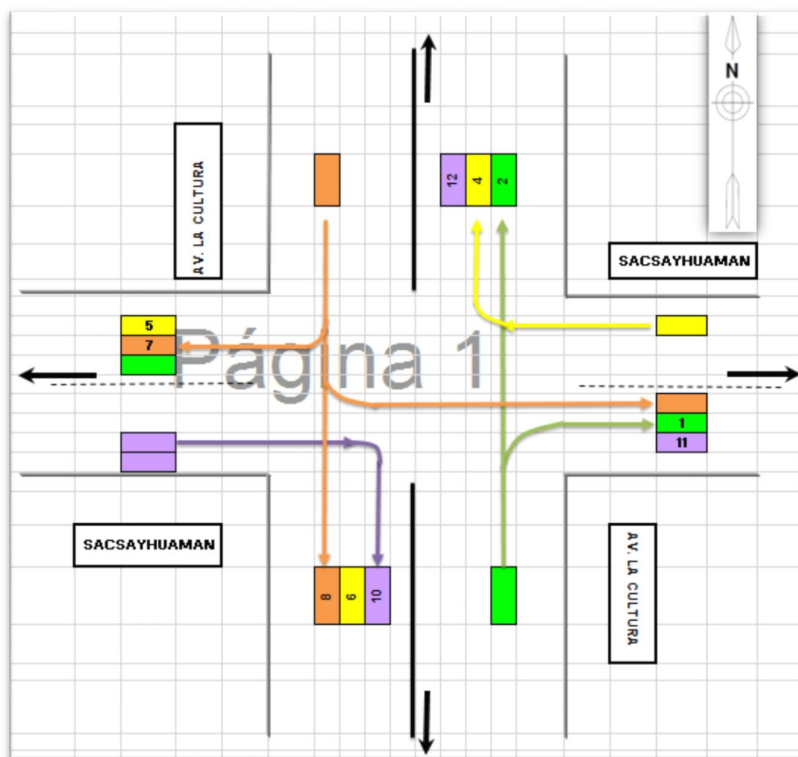
#### 3.5.6.2. Procedimientos

##### 3.5.6.2.1. 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.se observa en el siguiente gráfico.



FIGURA 47: Codificación de movimientos vehiculares



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.6.2.2. Identificación de punto 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.

### 3.5.6.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.



**FIGURA 48. Registro Fílmico**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.6.2.4. Recolección de características geométricas de la vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 49. Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.6.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 50: Recolección de Características Semafóricas**




**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.6.3. Datos**

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.



Tabla 15:Características geométricas

	<b>T E S I S</b>					
<b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>						
<b>TESISTA:</b>	<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>					
<b>INTERSECCION:</b>	<b>Av. La Cultura-sacsayhuaman</b>					
<b>DIA</b>	<b>12/03/2019</b>					
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E		
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	10.5	10.5	2.8	2.8		
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%		
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	3	3	1	1		
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	2.8	2.8		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura – Jr. Ricardo Palma

#### 3.5.7.1. Equipos y/o herramientas

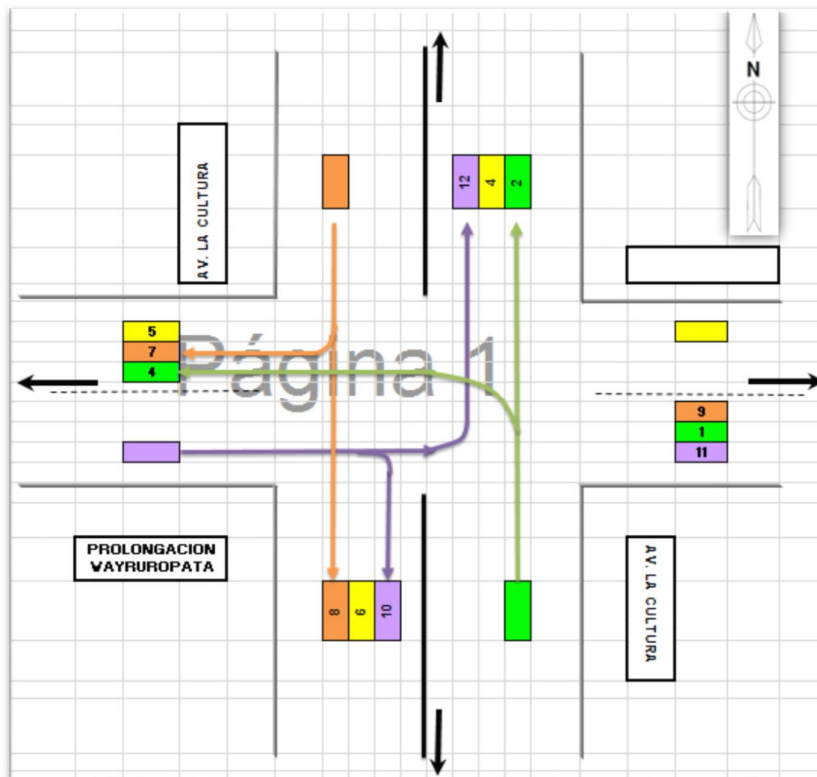
- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

#### 3.5.7.2. Procedimientos

##### 3.5.7.2.1. 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.se observa en el siguiente gráfico.

**FIGURA 51: Codificación de movimientos vehiculares**



**Fuente: Elaboración propia**

### **3.5.7.2.2. Identificación de punto 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.

### **3.5.7.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.

**FIGURA 52. Registro Fílmico**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.7.2.4. Recolección de características geométricas de la vía**

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 53: Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

### 3.5.7.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura

**FIGURA 54: Recolección de Características Semafóricas**




Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7.3. Datos

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.

**Tabla 16: Características geométricas**

		<b>TESIS</b> <b>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO, USANDO METODOLOGÍAS DETERMINÍSTICAS DEL HCM Y MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR EN VISSIM, CASO DE ESTUDIO: AV. LA CULTURA DE LA CIUDAD DEL CUSCO"</b>				
<b>TESISTA:</b>	<b>MARIO DEIVIS CALLOQUISPE ARIAS</b>					
<b>INTERSECCION:</b>	<b>Av. La Cultura-Jr. Ricardo Palma</b>					
<b>DIA</b>	<b>12/03/2019</b>					
<b>SENTIDO DE CIRCULACION</b>	S-N	N-S	E-O	O-E		
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	10.5	10.5	2.8	2.8		
<b>PENDIENTE(%)</b>	2%	2%	1%	1%		
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	3	3	1	1		
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5	3.5	2.8	2.8		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.8. Recolección de Datos de la intersección semaforizada Av. La Cultura – Av. José Gabriel cosió

#### 3.5.8.1. Equipos y/o herramientas

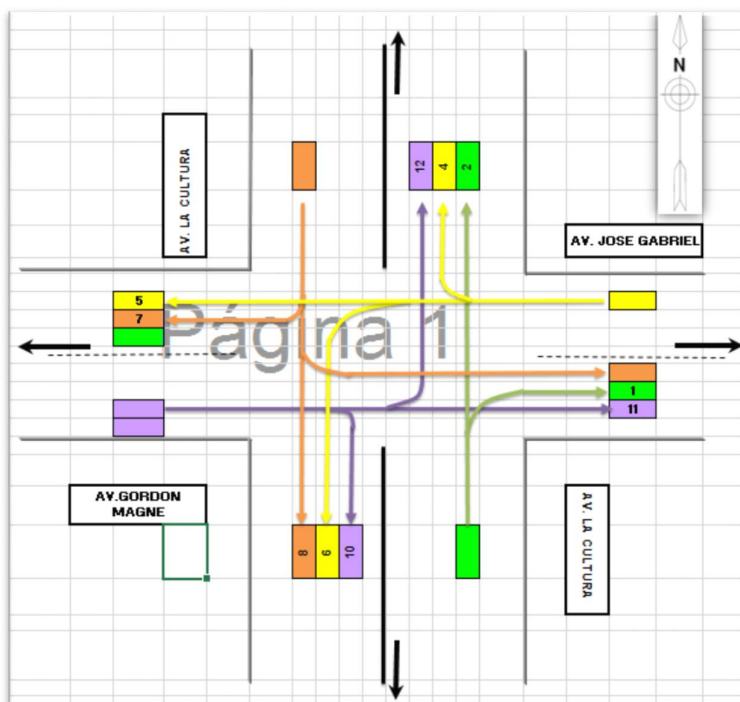
- Wincha métrica
- Fichas de registro de campo
- Cronometro
- Cámara filmadora

#### 3.5.8.2. Procedimientos

##### 3.5.8.2.1. 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. se observa en el siguiente gráfico.

**FIGURA 55: Codificación de movimientos vehiculares**



Fuente: Elaboración propia

##### 3.5.8.2.2. Identificación de punto 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.



### 3.5.8.2.3. 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 de las intersecciones y así poder determinar el día y horas considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 9:00 am., 12:00 pm – 2:00 pm, 5:00 pm – 7:00 p.m. Cabe mencionar que los aforos vehiculares en esta intersección se realizaron del 04 al 10 de marzo del 2019 con el registro fílmico se procedió a evaluar cada movimiento vehicular para registrarlos en las fichas de aforo.

**FIGURA 56. Registro Fílmico**



**Fuente: Elaboración propia**

### 3.5.8.2.4. Recolección de características geométricas de la vía

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó las mediciones respectivas de los componentes que conforman el derecho de vía de la una zona urbana, considerando una serie de características que conforman cada intersección de la Av. La Cultura las cuales son:

- Sentidos de circulación
- Ancho de calzada
- Pendientes % de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

**FIGURA 57: Recolección de características geométricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.8.2.5. 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 de las intersecciones de la Av. La Cultura.

**FIGURA 58: Recolección de Características Semafóricas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.5.8.3. Datos**

Los datos obtenidos de las características geométricas y semafóricas fueron introducidos a la ficha correspondiente que detallan a continuación.