



2.2.7.1 Transporte sostenible

Para el transporte sostenible surge a partir de los problemas de movilidad de personas, tanto por las múltiples formas de contaminación que suponen las alternativas de solución adoptadas, como por la segregación y desigualdad espacial que causan los diferentes grados de accesibilidad de la población y los sectores de ciudad y se buscan transportes alternativos para tratar de minimizar el impacto contaminante –al aire y el ambiente por ruido– producido por los modos de transporte motorizados, al igual que se implementan medidas para desincentivar el uso del automóvil. (Murillo S. J., 2008).

El paso hacia el transporte sostenible y de bajo carbono requerirá de nuevas y mejores capacidades, tecnologías y fuentes de financiamiento. El desarrollo del vehículo eléctrico contribuirá a esta lucha contra el cambio climático. (ITC, 2013)

2.2.7.2 Movilidad sostenible

El World Business Council For Sustainable Development (WBCSD), define la “movilidad sostenible” como “la capacidad para satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicarse, comercializar y establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos básicos actuales o del futuro”. (World Business Council For Sustainable Development, 2001). Las políticas para potenciar una movilidad sostenible deben contemplar varios objetivos:

- Configurar un modelo de transporte más eficiente para mejorar la competitividad del sistema productivo.
- Mejorar la integración social de los ciudadanos aportando una accesibilidad más universal.
- Incrementar la calidad de vida de los ciudadanos.
- No comprometer las condiciones de salud de los ciudadanos.
- Aportar más seguridad en los desplazamientos (IDAE, 2012).

De acuerdo al último reporte del Banco Mundial Global Mobility Report (Informe sobre la movilidad mundial), no hemos logrado movernos en la dirección correcta. La demanda de transporte aún se cubre sin tomar en cuenta las necesidades de las generaciones futuras. El informe explica que conquistar la movilidad sostenible implica alcanzar cuatro objetivos de forma simultánea: acceso universal, eficiencia, seguridad y la movilidad ecológica. (Hermeza, 2017)

2.2.7.3 Medidas hacia la movilidad sostenible

Toda actuación hacia la movilidad sostenible pasa por dos objetivos distintos pero complementarios: disminución del uso del automóvil privado y fomento de los transportes públicos y no motorizados. Para mejorar la movilidad deben priorizarse los medios más respetuosos con el entorno y más sostenibles: el transporte público, cuyos impactos son mucho menores; y el transporte no motorizado, cuyos impactos son en muchos casos inexistentes. La mejor forma de integrar todas las actuaciones es a través de planes movilidad sostenible (Gonzales, 2007)

2.2.7.3.1 Reducción de la velocidad en áreas urbanas

La circulación a un máximo de 30 kilómetros por hora permite a reducción de la contaminación acústica y del aire. El resultado es un aumento de la habitabilidad de las zonas donde se aplica y una potenciación del uso de la calle hacia actividades de encuentro y recreo: el espacio que anteriormente era de uso casi exclusivo del tráfico es reapropiado por y para las personas. (Gonzales, 2007)

2.2.7.3.2 Organización de la carga y descarga

Regular y gestionar todo este sector y sus pautas de movilidad de una forma planificada y teniendo en cuenta la idiosincrasia del mismos, es una forma óptima de disminuir los problemas que ocasiona y de mejorar su servicio. Este proceso se debe fomentar a través de la cooperación entre los usuarios de la cadena logística: distribuidores de mercancías, comerciantes, centros de mercancías y representantes del mismo municipio Algunos de los elementos claves en esta tarea son: el cambio de circulación de los vehículos en la zona peatonal; las franjas horarias para la entrega de mercancías; y la creación de zonas específicas de carga y descarga. (Gonzales, 2007)

2.2.7.3.3 Los vecindarios sin coches

Son barrio que pretenden que el empleo del automóvil para la mayor parte de los desplazamientos deje de ser la regla, tal y como ocurre en el resto de las nuevas o viejas urbanizaciones, para convertirse en la excepción. (Gonzales, 2007)

Los criterios que se pueden emplear en estos vecindarios son (Gonzales, 2007):

- La localización se sitúa en el radio de acción de la marcha a pie de una terminal del transporte.



- Incluye servicios y equipamientos de proximidad, es decir, los que se utilizan diariamente
- Conectados con una red de itinerarios de bicicleta
- Está protegida de las perturbaciones del tráfico
- Incluye áreas de esparcimientos para niños y adultos.
- Reserva un número límite de plazas de estacionamiento para vehículos compartidos y visitantes.
- La organización interna es en el modo peatonal, pero es posible el acceso de vehículos de emergencia y de carga y descarga.

2.2.7.3.4 Medidas para calmar el tráfico

Medidas que fuercen a los vehículos a circular a velocidades moderadas. De este modo, se hace más segura la convivencia de peatones, bicicletas y coches, al tiempo que se disuade del uso del automóvil o, al menos se reducen sus impactos. (CONASET, 2010)

Entre las actuaciones que se tienen para el calmado de tráfico por cuestiones físicas son: construcción de elementos como resaltes o lomos, diseño de itinerarios sinuosos para los coches, disminución del ancho de calzada. Otros tipos de medidas que dan buenos resultados son: calles sin segregación entre el espacio para el coche y para los peatones, el cambio de pavimento que advierta a los automovilistas que entran en una zona preferentemente peatona, señalizaciones y cambios de sentido que impidan el empleo de ciertas calles como lugar de paso o de atajo, implantación de carriles bici que la experiencia ha demostrado reducen la velocidad de los automóviles en los tramos compartidos, etc.

2.2.7.3.5 Vehículo de baja velocidad (NEV)

Los vehículos eléctricos de vecindario (NEV, por sus siglas en inglés) son vehículos de baja velocidad, ampliamente utilizados en los Estados Unidos como alternativa de transporte local y sustentable. Los NEV están definidos por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carreteras como sujetos a la Norma Federal de Seguridad de Vehículos de Motor (FMVSS) No. 500. Según el FMVSS 500, los NEV tienen 4 ruedas, velocidades máximas entre 20 y 25 millas por hora (entre 32 y 40 km/h), el peso bruto del vehículo es menos de 2,500 libras (1.13 Tn) y se definen como "Vehículos de baja velocidad". Mientras que "Vehículo de baja velocidad" es técnicamente el término correcto, "NEV" se ha convertido en el término utilizado por la industria y las flotas para referirse a los vehículos de pasajeros sujetos a FMVSS 500. (The Advanced Vehicle Testing Activity, 2017)



Los NEV están diseñados como vehículos de cero emisiones para adaptarse a viajes cortos en vecindarios y áreas urbanas, deben estar equipados con un equipo de seguridad básico que incluya: faros, luces traseras, luces de freno, intermitentes, espejos retrovisores, reflectores reflejos, frenos de estacionamiento, parabrisas, cinturones de seguridad y números de identificación del vehículo. Además, los conductores de NEV deben poseer una licencia de conducir válida, registro de vehículo y seguro. (Shafizadeh & Fox, 2008)

Algunos ejemplos de las comunidades que han adoptado el NEV y vehículos de tamaño similar como medio de transporte son:

a) Lincoln, California

El 8 de agosto de 2006, el Consejo de la Ciudad de Lincoln aprobó por unanimidad el Plan de Transporte NEV, La meta de Lincoln era "prepararse para el NEV" al tener la "infraestructura necesaria, que incluye instalaciones de carga, trazado de líneas, señalización, estacionamiento y educación para adaptarse de manera segura a los viajes de NEV". El plan apunta a reducir el uso de automóviles tradicionales para viajes cortos, además de crear una comunidad más cohesionada, reducir los costos de viaje y energía, aumentar la movilidad e independencia para conductores mayores y aumentar el uso del transporte público. Uno de los principales objetivos de diseño del plan era proporcionar mejoras en la infraestructura para permitir el flujo seguro y sin problemas de los NEV con peatones, bicicletas y otros vehículos motorizados y permitir a los usuarios de NEV acceder a todas las partes de la ciudad. (Surveyors, 2006)

En estudios previos limitados sobre el uso de NEV, los resultados han sido prometedores. Por ejemplo, un informe de Lincoln, California, identificó los beneficios del uso de NEV como ahorro de energía, mejor calidad del aire, mayor movilidad para conductores discapacitados, ahorro de costos, cohesión de la comunidad y apoyo de negocios locales. (Siembab & Magarian , 2013).



Figura 54. Combinación de carril de bicicleta y NEV y marcas en el pavimento en Lincon-California

Fuente: (Shafizadeh & Fox, 2008)



Figura 55. Vehículos eléctrico Daimler Chrysler “GEM” y los Carrito de golf de velocidad modificada utilizado en el el plan de transporte NEV en Lincon California.

Fuente: (Surveyors, 2006)



2.2.7.3.6 Peatonalización

Es una forma de rehabilitar el espacio público y de dotarlo nuevamente de sentido. Con su aplicación se recupera toda la vida y actividad perdidas durante décadas de expansión automovilística. Supone básicamente devolver la calle a las personas y sus actividades, mermadas durante años por la falta de espacio, por el miedo a sufrir un atropello, y por las molestias que el tráfico ocasiona. (Gonzales, 2007)

2.2.7.3.7 Fomento de la bicicleta

Es el medio de transporte, exceptuando el caminar, que menos impactos conlleva de todo tipo: no contaminan, no produce ruido o siniestralidad, y el espacio que necesita es escaso, Es el medio más rápido para distancia inferiores a 3 km, y resulta muy competitiva hasta distancias de 5 km, es beneficiosa para salud y permite un mayor contacto con el entorno. Algunas medidas son: Planes directores de bicicletas, aparcamientos, vías ciclistas, intermodalidad y bicicletas públicas. (Gonzales, 2007)

2.2.7.3.8 Planes de movilidad:

La necesidad de lograr un sistema de transporte urbano sostenible, conduce a la creación de planes de movilidad sostenible, que son un conjunto de actuaciones que tiene como objetivo la implantación de formas de desplazamiento más sostenibles (caminar, bicicleta y transporte público) dentro de una ciudad; es decir, de modos de transporte que hagan compatibles crecimiento económico, cohesión social y defensa del medio ambiente, garantizando de esta forma, una mejor calidad de vida para los ciudadanos (IDAE, 2006).

Este plan de movilidad debe enfocarse en conseguir que las personas puedan acceder fácilmente a una diversidad de bienes y servicios que les permitan una vida digna. Esta concepción vincula el desarrollo urbano y la movilidad. Es decir, se requiere el desarrollo de ciudades compactas con usos de suelo mixtos, que permitan a las personas satisfacer la mayoría de sus necesidades en distancias cortas. (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017).

2.2.7.3.9 Micro movilidad

La micro movilidad surgió como una solución al último kilómetro del transporte personal en áreas congestionadas. En lugar de utilizar los modos existentes, un usuario se uniría a una red de intercambio de micro movilidad para poder recorrer distancias menores de un kilómetro. La micro movilidad ha sido fundamental en lo que se conoce como la separación del



automóvil o la disponibilidad de vehículos personales compartidos diseñados para viajes cortos, ha reducido el uso de automóviles personales; este cambio en las tendencias de transporte, ha llevado a fabricantes de automóviles globales a invertir en una variedad de servicios de micro movilidad. (Cardenas & Sarmiento, 2014)

Para la (Municipalidad de Miraflores, 2019), es el conjunto de desplazamiento de personas en tramos cortos, que se realizan en vehículos de micro movilidad; es decir dispositivos, aparatos y/o vehículos de propulsión eléctrica o por tracción humana, que sirven para transportar personas en tramos cortos como son:

- Bicicletas incluidas las eléctricas
- Dispositivos o aparatos eléctricos de entretenimiento o desplazamiento: Silla de ruedas eléctrica para personas con discapacidad, vehículo a escala eléctrico, carros de compra eléctricos, andadores eléctricos
- Vehículos de Movilidad Personal: Patinetas eléctricas, monopatines eléctricos y monociclos eléctricos
- Vehículos autoequilibrados eléctricos: Segway con y sin manubrio, hoverboard, skateboard eléctricos y Otros
- Triciclos
- Cuatriciclos, incluidos los de batería o motor eléctrico
- Patinetas, monopatín o scooters
- Skateboard
- Patines, incluidos los de batería o motor eléctrico eléctricos
- Otros similares

2.2.7.4 Sistema de movilidad urbana

El sistema de movilidad urbana es uno de los componentes de la estructura funcional y de servicios. Debe atender a los requerimientos de movilidad de pasajero y de carga en la zona urbana y área rural y conectar la ciudad con ciudades vecinas. El sistema de movilidad urbana integra de manera jerarquizada e interdependiente los modos de transporte de personas y carga con los diferentes tipos de vías y espacios públicos de la ciudad y el territorio rural. (Paez Mendieta, 2014)

La demanda de movilidad debe ser atendida por los componentes del sistema de movilidad: la infraestructura vial o peatonal, el transporte y la logística de la movilidad. Estos

componentes están estrechamente relacionados entre sí de tal forma que cada uno modifica e interviene en el funcionamiento de los otros (Ver *Figura 56*). (Regalado Regalado, 2012)

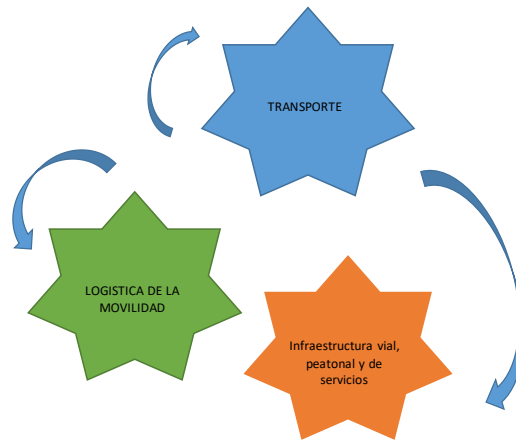


Figura 56. El sistema de movilidad

Fuente: (REGALADO, 2012)

2.2.7.5 Jerarquía de la movilidad

La jerarquía de la movilidad es una clasificación que facilita determinar el modo de transportarse que tendrá prioridad en el diseño de la calle y como se dará la interacción con los otros modos menos deseables. Bajo esta clasificación todas las personas pueden realizar sus viajes en condiciones inclusivas, de seguridad, sustentabilidad y resiliencia. (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017)

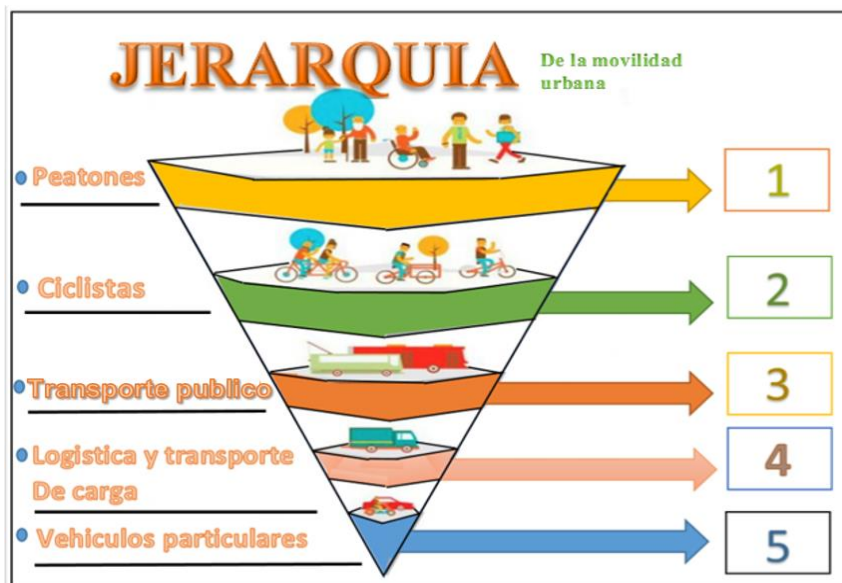


Figura 57. Pirámide de la movilidad

Fuente: (IDAE, 2006)

2.2.8 Operaciones de tránsito

Las operaciones de tránsito se entienden como el conjunto de acciones coordinadas de los elementos del tránsito, que permiten la movilidad de personas y mercancías con seguridad y fluidez. (Martínez, Vasconcellos, & Paulino, 2014)

Según (Cal y Mayor & Cardenas, 2012), los tres elementos básicos que componen el tránsito son: el usuario (peatones y conductores), el vehículo y la vialidad (calles). Se describen a continuación los elementos del tránsito y sus características

2.2.8.1 Peatón

Un peatón se refiere a cualquier persona, sin importar su edad o condición, que se traslada con su propio cuerpo o que usan ayudas técnicas para desplazarse. Son los usuarios prioritarios de la pirámide de la movilidad, es decir, los que tienen la preferencia en el uso del espacio vial sobre otros usuarios. Por lo que es necesario enfocar las soluciones de diseño vial considerando su vulnerabilidad y reduciendo su tiempo de espera y tránsito para que realicen el menor esfuerzo al transitar por las vías urbanas. (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017)

Dentro de estos usuarios se distinguen para la investigación como se observa en la Figura 58, por su grado de vulnerabilidad para en dos tipos de peatones:



Figura 58. Tipos de peatones según su vulnerabilidad

Fuente: Adaptación propia- (Ministerio del interior de España, 2011)

2.2.8.1.1 Peatón vulnerable

Es aquel individuo que posee todas sus cualidades físicas y psicológicas y sin necesidad del uso de algún modo motorizado transita por la infraestructura vial. La vulnerabilidad de estos colectivos está relacionada fundamentalmente con su interacción en el espacio urbano con los medios de transporte a motor automóviles privados, vehículos de transporte público y vehículos

de transporte de mercancías, así como con diversos factores vinculados al diseño de la vía pública y la gestión de la movilidad. (Ministerio del interior de España, 2011)

2.2.8.1.2 Peatón no vulnerable

El concepto vulnerable hace referencia a todos aquellos ciudadanos que, por razón del medio de desplazamiento que utilizan, así como, en algunos casos, por las características físicas del grupo de edad al que pertenecen, tienen un mayor riesgo de sufrir lesiones en caso de accidente de tráfico. El concepto incluye, en este sentido, a los niños, personas mayores y personas con movilidad reducida. (Ministerio del interior de España, 2011)

2.2.8.1.3 Velocidad y densidad de flujos peatonales

La velocidad de la caminata peatonal depende en gran medida de las características de la población que camina. La proporción de peatones ancianos (65 años o más) y niños en la población, así como el propósito del viaje, afecta la velocidad de la caminata. Si no más del 20% de los peatones son ancianos, se debe usar una velocidad de 3.5 pies/s (3.84 km/h).

Si las personas mayores constituyen más del 20% del total de peatones, se debe utilizar una velocidad de cruce de 3.0 pies/s (3.29 km/h). Varios otros factores pueden reducir la velocidad promedio de los peatones, como las calificaciones de más del 5% o un alto porcentaje de niños que caminan despacio, y deben tenerse en cuenta. (TRB, 2010)

Tabla 5. *Velocidades de los peatones*

Persona sentada	Persona con andadera	Persona en silla de ruedas	Persona joven sin limitaciones	Persona a paso rápido	Persona en movimiento
0 km/hr	1-1.8 km/hr	5 km/hr	6-7 km/hr	10 km/hr	>15 km/hr

Fuente: (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017) - Adaptación propia

Existen cuatro densidades representativas de tránsito, que corresponde al siguiente rango: Menor que 0.4 peatones/m² (Transito libre), entre 0.4 y 0.7 peatones/m² (Transito medio, apareciendo dificultades con el flujo en sentido invertido), entre 0.7 y 1.0 peatones/m² (Transito denso, desplazamiento perturbado) y entre 1.0 y 1.5 peatones/m²: Transito muy denso, efecto de muchedumbre. (MINVU, 2009)

2.2.8.1.4 Área ocupada por los peatones

Algunos peatones tienen necesidades específicas dadas su movilidad limitada como se desarrolla en la Tabla 6, la ciudad debe proveer una infraestructura vial legible y ordenada bajo los principios de diseño universal. Al diseñar se debe tener en cuenta los diferentes tipos de peatones, los objetivos del diseño propuesto y los espacios que los rodean. (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017)

Tabla 6. *Medidas antropométricas para peatones*

Tipos de peatones	Características	Medidas antropométricas
Adulto	Se miden en una elipse corporal en vista de planta de 0.45 por 0.60 m.	
Adultos con carga	En posición dinámica varía entre un ancho de 0.65 y 0.90 m. De una persona con carriola van de 0.80 a 0.90 m de ancho por 1.50 a 2.0 m de longitud en posición dinámica. De una persona con carretilla de mano oscilan entre 1.50 y 2.50 de longitud	
Niños 6-12 años y personas de tala baja	Se debe considerar las habilidad cognitivas y físicas que tienen de acuerdo a su edad. Para cumplir con un criterio de visibilidad de las personas de este grupo, se debe diseñar para que puedan ver y ser vistos, sobre todo en lugares en donde pudieran estar más expuestos.	

Continua...

A Continuación

Tipos de peatones	Características	Medidas antropométricas
	<p>Visual: Pueden requerir bastón blanco o perro guía. Auditiva: Pueden requerir audífonos</p>	
<p>Personas con ayudas técnicas: Es necesario tomar en cuenta la posición estática y en movimiento, utilizando diferentes ayudas técnicas según su tipo de limitación o necesidad.</p>	<p>Con andadera y muletas</p>	
	<p>Con silla de ruedas</p>	
	<p>Con silla de ruedas tipo motorizada</p>	
	<p>Con perro guía</p>	

Fuente: (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017)

2.2.8.2 Conductor

Es el principal protagonista del tránsito motorizado. Este tránsito está condicionado por las características físicas y psicológicas de aquellos. Hay muchos factores, que a troves del



conductor, influyen en la dinámica de un vehículo y serán descritos a continuación. (MINVU, 2009)

2.2.8.2.1 Visión

La visión es uno de los factores limitativos en el conductor. El órgano visual este compuesto de una cavidad que, al igual que la cámara fotográfica, en su parte frontal posee una lente formada por el iris, la pupila, la córnea, el cristalino y el parpado, que actúan como el diafragma y el obturador, se amplían o reducen de acuerdo a la cantidad de luz que quiera admitir esta cavidad. En su parte posterior esta la retina, que es una serie de celdas que perciben el estímulo exterior y mandan el mensaje al cerebro. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

2.2.8.3 Vehículo

Descrito anteriormente, el vehículo es un elemento del tránsito que facilita el transporte de personas y bienes. Para (Cal y Mayor & Cardenas, 2012), las normas que rigen el proyecto de calles y carreteras se fundamentan en gran parte en las dimensión y características de operación del vehículo que por ellas circulan.

2.2.8.3.1 El vehículo de proyecto

Es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las calles e intersección, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo. Se consideran dos tipos de vehículos de proyecto: los vehículos ligeros o livianos y los vehículos pesados. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (Vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías). O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O). Se tomará como referencia la clasificación vehicular dada por ICG dada en la Tabla 7. (MTC, 2018)

Tabla 7: *Clasificación vehicular*

Vehículos por tracción de sangre	Vehículos impulsados por tracción animal	Proviene de bestias de tiro	
	Bicicletas o similares	Propulsión que proviene del ser humano tales como bicicletas, triciclos, patines, carros de mano y carretillas.	
Vehículos automotores menores	Vehículos Menores Automotores	Provisto de dos, tres o cuatro ruedas, provistos de asiento y/o montura para el uso de conductor y pasajeros según sea el caso, tales como: bici motos, motonetas, motocicletas, triciclos motorizados, cuatri motos y similares	
	Furgoneta	Transporte de carga liviana, con 3 ó 4 ruedas, con motor de no más de 500 centímetros cúbicos de cilindrada.	
	Automóvil	Transporte de personas, normalmente hasta de 6 asientos y excepcionalmente hasta 9 asientos.	
	Station Wagon	Derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores permite ser utilizado para el transporte de carga.	
	Camioneta Pick Up	Con cabina simple o doble, con caja posterior, destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.	
	Camioneta Panel	Con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana, con un peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.	
	Vehículos automotores mayores	Camioneta Rural	Transporte de personas de hasta 16 asientos y cuyo peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Ómnibus	Transporte de personas de más de 16 asientos, y cuyo peso bruto vehicular exceda los 4,000 Kg.
		Camión	Destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4,000 Kg.
		Remolcador o Tracto Camión	Diseñado para remolcar semi remolques y soportar la carga que le transmiten estos a través de la quinta rueda.
Remolque		Diseñado para ser halado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descansa sobre el vehículo remolcador.	
	Semi remolque	Vehículo sin motor y sin eje delantero, que se apoya en el remolcador transmitiéndole parte de su peso, mediante un sistema mecánico denominado tornamesa o quinta rueda.	
Vehículos especiales	Aquellos que pueden afectar sensiblemente al tráfico a causa de sus grandes dimensiones o de su lentitud.		

Fuente: (ICG, 2005)

2.2.8.3.2 Radio de giro:

El ancho, la separación entre ejes y la longitud total de un vehículo determinan su mínimo radio de giro. A estos efectos el radio de giro mínimo es el radio de la circunferencia que describe la rueda delantera del lado contrario a aquel hacia el que se gira. Este radio, o el correspondiente diámetro, son el que permite conocer el espacio que requiere un vehículo para cambiar de sentido de marcha o, lo que es lo mismo, para girar 180° sin efectuar maniobras. Los elementos que se proyectan con curvas de radios mínimos no suelen recorrerse nunca a una velocidad superior a los 15 km/h (Ver Tabla 8). (ICG, 2005)

Tabla 8. Radio de giro mínimo y trayectorias

Vehículo tipo del proyecto	Dimensiones del vehículo (m)			Dimensiones del radio giro mínimo (m)		
	L (longitud)	Ancho (Max)	H (Max)	Re (Radio externo)	Ri (Radio interno)	Sa (Sobre ancho)
Automóviles	4.75	2.1	1.6	5.8	4.2	0.5
Camiones (Unidad que representa a aquellos con 12.3 y 13.2 m de largo)	12.3 / 13.2	2.6	4.1	12.8	7.4	1.3
Camiones (Unidad que representa a aquellos con 20.5 m de largo)	20.5	2.6	4.1	14	6	0.5
Camiones remolques (Unidad que representa a aquellos con 23 m de largo)	23	2.6	4.65	15.5	6	0.5
Bus (B2)	13.2	2.6	4.1	12.8	7.4	1.3
Bus (B3-1 y B4-1)	14.0 / 15.0	2.6	4.3	13.5	6.6	0.5
Bus articulado (BA-1)	18.3	2.6	4.3	16	4.3	0.5

Fuente: (ICG, 2005)

2.2.8.3.3 Volumen

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el objetivo de obtener información de volúmenes vehiculares sobre determinados puntos dentro de un sistema vial, el volumen de tránsito se define como:

El volumen total durante un período de tiempo dado (en días completos), mayor que un día y menor que un año dividido entre el número de días en ese período (AASSHTO, 2011)

Sin embargo, también se define que, en ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de:

- Volumen
- Tasa de flujo
- Demanda
- Capacidad

Estas estimaciones mantienen una relación importante entre sí y se expresan en los mismos sistemas de unidad o parecidos, que por lo general no son las mismas. El volumen, la tasa de flujo, demanda y capacidad se definen como:



- **El volumen.** - Es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico.
- **La tasa de flujo.** -Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos o personas durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente.
- **La demanda.** -Es el número de vehículos (o personas) que deban viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que en algunos viajes se desvían a rutas alternas y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial. (Roess & Prassas, 2011)

Debido a que la investigación tendrá que medir aforo vehicular se tendrán que clasificar de acuerdo al tiempo determinado por el que transitan.

a) Volumen horario máximo anual (VHMA)

Corresponde al máximo volumen horario que pasan por un punto o sección de un carril, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

Como todo flujo vehicular también se medirá en vehículos respecto a la hora, es por esto que de todas las horas que contiene un año, el valor a tomarse como resultado de la medición es el mayor de todos. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

b) Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Corresponde al máximo número de vehículos que pasan por un punto o secciones del carril durante 60 minutos consecutivos (Cal y Mayor & Cardenas, 2012). Con respecto a este volumen es importante respetar la continuidad de los minutos de los cuales se tomará el valor de aforo ya que de esto dependerá la interpretación de datos. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

c) Volumen horario de proyecto (VHP)

Como los volúmenes de demanda en el año de diseño van a variar de hora en hora, es preciso escoger uno de esos volúmenes como volumen horario de diseño (VHD). Para vías urbanas sugiere que para cada semana del año de diseño se estime el valor del máximo volumen en las horas picos (diarias) y se designe el VHD como el promedio de esos valores. (AASSTO, 2011).



Estos valores luego de identificarse y promediarse para obtener un valor representativo, se usan generalmente para el planteamiento y la formulación de diseño en los diferentes proyectos.

a) Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

La determinación de la hora de máxima demanda se llama factor horario de máxima demanda FHMD y se da como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{max})}$$

Donde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda

VHMD = volumen horario de máxima demanda

Qmax = volumen máximo, puede ser 5, 10 o 15 minutos

Pueden tomar valores como: Qmax = 15 min, N es dividido entre la cantidad de minutos (5,10 o 15) en una determinada hora a utilizar. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

2.2.8.3.4 Velocidad

Este es uno de los factores que más influencia la demanda, puesto que el ciudadano es muy sensible a las variaciones del tiempo empleado en sus desplazamientos. Es así que los beneficios de las obras de mejora del tránsito se miden en terminos del valor monetario del tiempo ahorrado como resultado del aumento de velocidad en el sistema. (MINVU, 2009)

Se desarrolla a continuación los tipos de velocidades que podrían servir, para efecto de un estudio de tránsito. Estos son:

2.2.8.3.5 Flujo vehicular

Según (Lozano, Torres, & Antun, 2003), el flujo vehicular producido en un momento y lugar es el resultado de una serie de decisiones individuales de los usuarios de la red vial. Cada usuario decide cómo y cuándo recorrer lo que considera la mejor ruta para llegar a su destino. Su decisión puede basarse en criterios tales como costo, tiempo, seguridad y comodidad. El usuario debe decidir qué ruta recorrer y que modos de transporte utilizar, decisión que depende, entre otras cosas, de la congestión en los arcos o viabilidades de la ruta. El tiempo de recorrido



en cualquier ruta, desde un cierto origen a un cierto destino, es una función del flujo y de las congestiones totales. Por lo tanto, no es fácil determinar la ruta más corta en tiempo en una red.

2.2.8.3.6 Congestión vehicular:

La congestión surge donde la demanda de tráfico es mayor que la capacidad de la calzada, lo que obliga tiempos de viaje excesivos, dependiendo del tipo de transporte, ubicación, geográfica, y la hora del día.

Según (A. Bull, 2003) habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. (Bull, 2003)

2.2.8.4 Camino

Se entiende por camino, aquella faja de terreno acondicionado para el tránsito de vehículos. La denominación de camino a nivel urbano las calles de la ciudad. Como se desarrolló anteriormente en el ítem se clasifican en tres grandes grupos: principales (arterias), secundarias (colectoras) y locales. En términos de movilidad y accesibilidad se clasifica en: Autopistas y vías rápidas, calles principales, calles colectoras y calles locales.

Según (ITDP, IDOM, & CENTRICO, 2017) los componentes de la sección de una vía urbana son; las banquetas (también conocida como vereda o andén) y el arroyo vial. La banqueta se define como el área pavimentada delimitada por las edificaciones y el arroyo vial, que garantiza la circulación adecuada de peatones. Mientras que, el arroyo vial se define como la franja delimitada por las guarniciones de las banquetas, en la cual se permite la circulación de los vehículos.

2.2.8.5 Capacidad

Tasa máxima de flujo que puede soportar una calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalcientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. (Cal y Mayor & Cardenas, 2012)

2.2.8.6 Nivel de servicio vehicular según la metodología del HCM 2010

Este concepto es utilizado para medir la calidad del flujo vehicular de manera cualitativa describiendo las condiciones de operación de un flujo y de su percepción por los conductores




y/o pasajeros. Los manuales de carreteras AASHTO así como el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010), han establecido seis niveles de servicio.

Tabla 9. Niveles de servicio vehicular

Nivel de Servicio	Concepto	Figura
<p>NIVEL DE SERVICIO “A”</p>	<p>Corresponde a una situación de tránsito fluido, con intensidad de tránsito baja y velocidades altas, solo limitados por las condiciones físicas de la vía. Los conductores considerados en forma individual están prácticamente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una latísima libertad para seleccionar sus velocidades y maniobrar dentro del tránsito. (Bazant, 2011)</p>	
<p>NIVEL DE SERVICIO “B”</p>	<p>Corresponde a una circulación estable en la cual no se producen cambios bruscos de velocidad, aunque ya comienza a ser condicionada por los otros vehículos, pero los conductores pueden mantener velocidades de servicio constantes y en general eligen el carril por donde circulan. Los límites inferiores de velocidad e intensidad definen este nivel son análogos a los normalmente utilizados para el dimensionamiento de carreteras rurales. (Bazant, 2011)</p>	
<p>NIVEL DE SERVICIO “C”</p>	<p>Es también una circulación estable pero la velocidad y maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas al resto del tránsito. Los rebases y cambios de carril son más difíciles, aunque las condiciones de circulación son todavía tolerables. El límite inferior de velocidad que define a este nivel coincide en general con el que se recomienda para el dimensionamiento de arterias urbanas. (Bazant, 2011)</p>	

Continua...

A continuacion

Nivel de Servicio	Concepto	Figura
<p>NIVEL DE SERVICIO “D”</p>	<p>Situaciones que empiezan a ser inestables, es decir se producen cambios bruscos e imprevisto en la velocidad y maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tránsito. En esta situación unos aumentos pequeños de intensidad obligan a cambios importantes en la velocidad. Aunque la conducción ya no resulte cómoda, esta situación puede ser tolerable durante periodos no muy prolongados. Los pequeños incrementos del flujo por lo general ocasionan problemas de funcionamiento. (Bazant, 2011)</p>	
<p>NIVEL DE SERVICIO “E”</p>	<p>La intensidad del tránsito es ya próxima a la capacidad de arteria y las velocidades no pueden rebasar normalmente los 50 km/h. la libertad de maniobra para circular es muy difícil y se consigue forzando a un vehículo o peatón a ceder el paso. Los niveles de comodidad son muy bajos con la consecuente elevada frustración de los conductores y peatones. Las detenciones de vehículos son frecuentes además de inestables debido a que los pequeños aumentos de flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos. (Bazant, 2011)</p>	
<p>NIVEL DE SERVICIO “F”</p>	<p>Circulación muy forzada a velocidades bajas y con filas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman filas donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque extremadamente inestables. El extremo de este nivel F es congestiónamiento de la arteria lo que casi siempre se alcanza durante las horas pico en muchas de las vías céntricas de las ciudades. (Bazant, 2011)</p>	

Fuente: (TRB, 2010)



2.2.8.6.1 Niveles de servicio vehicular para una intersección no semaforizada

Se utiliza la metodología del capítulo 19 del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) brindado por la junta de investigación del transporte, la metodología será desarrollada a continuación. En las intersecciones de controlada por dos señales de PARE (TWSC), se requiere que los conductores en las aproximaciones menores paren para seleccionar los espacios en el flujo de la calle principal para ejecutar maniobras de cruce o giro. En presencia de una cola, cada conductor en la aproximación controlado también debe usar algo de tiempo para pasar a la posición de la fila de enfrente y prepararse para evaluar los espacios en el flujo de la calle principal. Por lo tanto, la capacidad de los tramos controlados se basa principalmente en tres factores: la distribución de los espacios en el flujo de tráfico de la calle principal, el criterio del conductor al seleccionar los espacios a través de las cuales ejecutar las maniobras deseadas y los avances de seguimiento requeridos por cada conductor en una fila. (TRB, 2010)

Las intersecciones analizadas en la investigación tienen una configuración de tres tramos, donde la aproximación de una sola calle menor se controla mediante una señal de PARE, se utilizará los pasos proporcionados por el HCM desarrollados en el flujograma de la Figura 59:

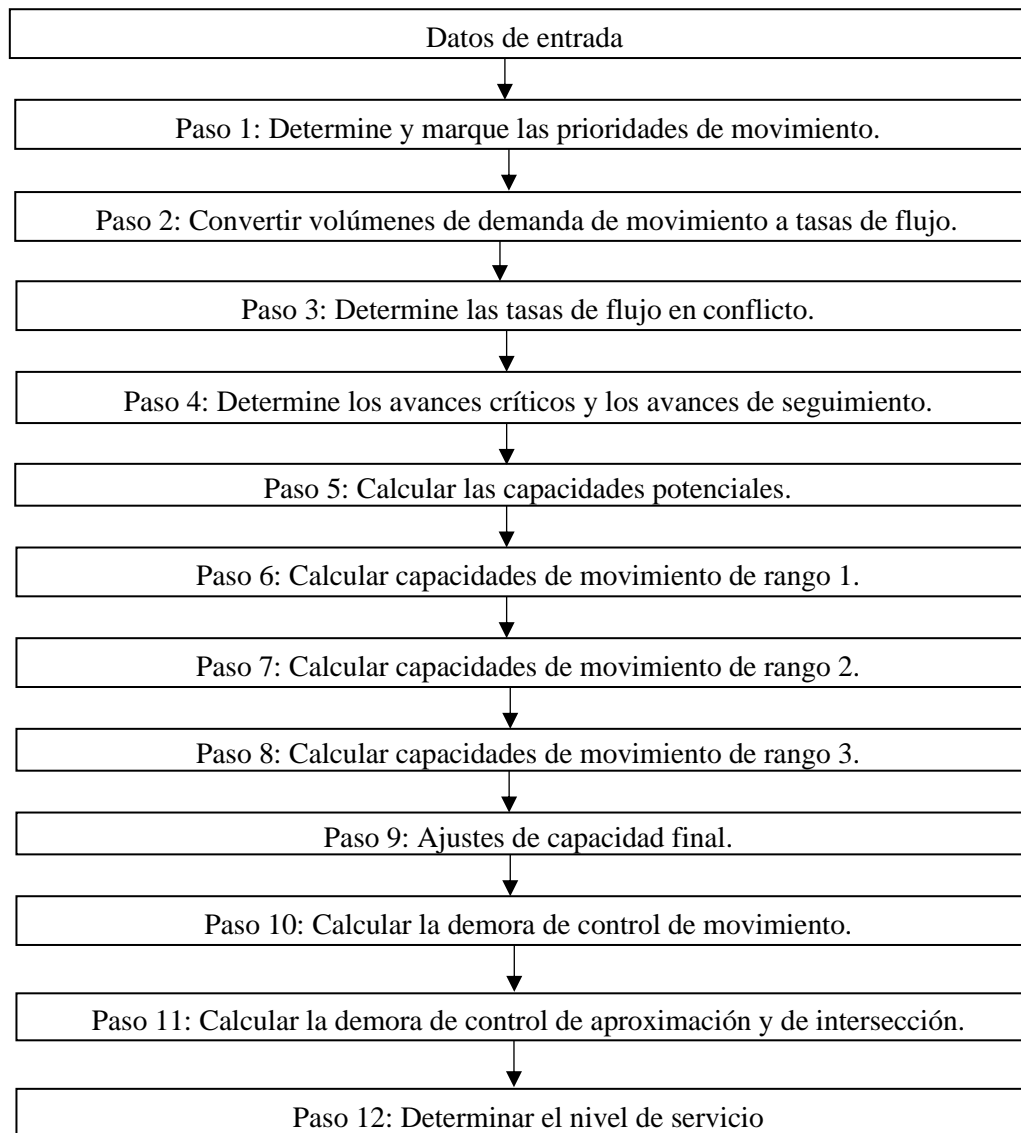


Figura 59. Flujograma de la metodología de nivel de servicio vehicular en una intersección TWSC

Fuente: (TRB, 2010)

Datos de entrada requeridos

El análisis de una intersección TWSC requiere los siguientes datos:

1. Número y configuración de carriles en cada aproximación;
2. Porcentaje de vehículos pesados por cada movimiento;
3. Cualquiera de los siguientes: Tasa de flujo de demanda para cada movimiento vehicular que ingresa y cada movimiento de cruce peatonal durante el pico de 15 minutos, o tasa de flujo de demanda para cada movimiento vehicular que ingresa y cada movimiento de paso de peatones durante la hora pico y un factor de hora pico para la hora;

- Factores geométricos especiales tales como: Pendiente de aproximación, existencia de ensanchamiento en la calle menor, y existencia de señales en sentido aguas arriba;
- Duración del período de análisis, generalmente un período máximo de 15 min dentro de la hora pico.

Paso 1: Determine y marque las prioridades de movimiento

La prioridad para cada movimiento en una intersección TWSC debe identificarse para designar el rango apropiado de cada movimiento para los pasos futuros en el proceso de análisis (TRB, 2010). Los movimientos se consideran en el siguiente orden:

- Giros a la izquierda de la calle principal,
- Giros a la derecha desde la calle menor,
- Giros en U desde la calle principal,
- Movimiento de paso desde la calle menor, y
- Giros a la izquierda desde la calle menor.

La Figura 60 muestra la numeración asumida de los movimientos en las intersecciones de las dos T y los de cuatro tramos.

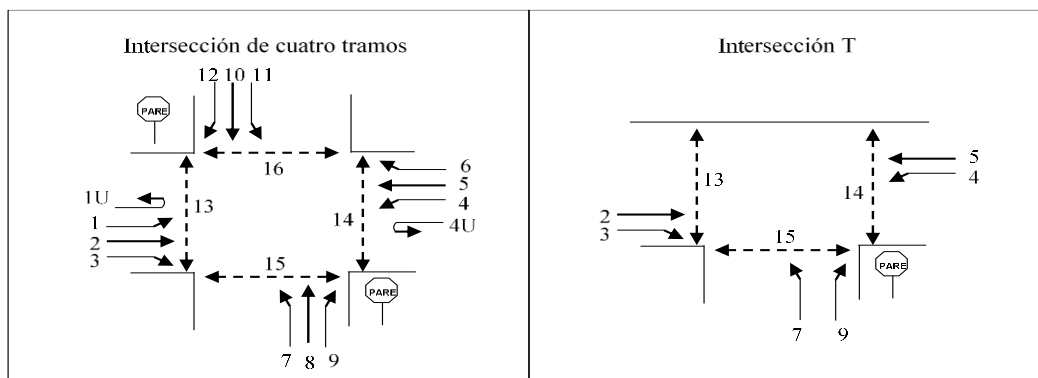


Figura 60. Movimientos vehicular y peatonal en una intersección TWSC

Fuente: (TRB, 2010)

En el HCM 2010 (TRB, 2010) los movimientos se pueden clasificar por prioridad de derecho de paso de la siguiente manera:

- Los movimientos del Rango 1 incluyen tráfico de paso en la calle principal, el tráfico que gira a la derecha de la calle principal y los movimientos de peatones que cruzan la calle menor.



- Los movimientos del Rango 2 (subordinado al Rango 1) incluyen el tráfico que gira a la izquierda y el giro en U desde la calle principal, el tráfico que gira a la derecha hacia la calle principal y los movimientos de peatones que cruzan la calle principal (supuestamente para este procedimiento).
- Los movimientos de Rango 3 (subordinados a los Rangos 1 y 2) incluyen el tráfico en la calle menor (en el caso de una intersección de cuatro tramos) y el tráfico que gira a la izquierda desde la calle menor (en el caso de una intersección en T).
- Los movimientos de Rango 4 (subordinados a todos los demás) incluyen el tráfico que gira a la izquierda desde la calle menor. Los movimientos de rango 4 ocurren solo en intersecciones de cuatro tramos.

Paso 2: Convertir volúmenes de demanda de movimiento a tasas de flujo

Para el análisis de las condiciones existentes donde el período máximo de 15 minutos se puede medir en el campo, los volúmenes para el período máximo de 15 minutos se convierten en un pico de flujo de demanda de 15 minutos multiplicando el volumen máximo de 15 minutos por 4.

Para el análisis de las condiciones proyectadas o cuando no se dispone de datos de 15 minutos, los volúmenes de demanda por hora para cada movimiento se convierten en inyecciones de tasas de flujo de demanda de 15 minutos por hora, como se muestra en la ecuación, mediante el uso del factor de hora pico para la intersección. (TRB, 2010)

$$v_i = \frac{V_i}{FHP}$$

Dónde

v_i = Tasa de flujo de demanda para el movimiento i (veh / h),

V_i = Volumen de demanda para el movimiento i (veh / h), y

FHP = Factor de hora pico.

Paso 3: Determine las tasas de flujo conflictivas

Cada movimiento en una intersección TWSC enfrenta un conjunto diferente de conflictos que están directamente relacionados con la naturaleza del movimiento en estudio. Se describe a continuación el cálculo del parámetro $v_{c,x}$, la tasa de flujo en conflicto para el

movimiento x . es decir, la tasa de flujo total [en vehículos por hora (veh / h)] que está en conflicto con el movimiento x . Los peatones también pueden entrar en conflicto con los movimientos vehiculares. Las tasas de flujo de peatones, también definidas como v_x , con x que indican el cruce de la intersección, deben incluirse como parte de las tasas de flujo en conflicto. (TRB, 2010)

Movimientos de giro a la izquierda de la calle principal (Rango 2 — Movimientos 1 y 4): La Figura 61 muestra los movimientos en conflicto para el movimiento de giro a la izquierda desde la calle principal que está en conflicto con el movimiento total de la oposición y el giro a la derecha, porque esos vehículos deben cruzar el movimiento de la oposición y fusionarse con los vehículos que giran a la derecha. El método no distingue entre cruzar y fusionar conflictos. Se considera que los vehículos que giran a la izquierda desde la calle principal y los giros a la derecha opuestos desde la calle principal se fusionan, independientemente del número de carriles provistos en la vía de salida. (TRB, 2010)

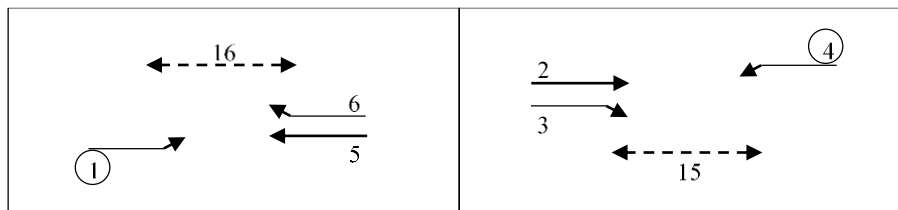


Figura 61. Movimientos en conflicto para movimientos de giro a la izquierda de la calle principal.

Fuente: (TRB, 2010)

Las ecuaciones calculan el flujo en conflicto que encuentran los conductores:

$$v_{c,1} = v_5 + v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,4} = v_2 + v_3 + v_{15}$$

Movimientos de giro a la derecha de la calle menor (Rango 2 — Movimientos 9 y 12): La Figura 62 muestra los movimientos conflictivos encontrados por los conductores que giran a la derecha de la calle menor. Se asume que el movimiento de giro a la derecha desde la calle menor está en conflicto con una porción de movimiento de paso de la calle principal donde hay más de un carril. Además, se considera que la mitad de cada movimiento de giro a la derecha de la calle principal está en conflicto con el movimiento de giro a la derecha de la calle menor, ya que algunos de estos giros tienden a inhibir el movimiento del sujeto.

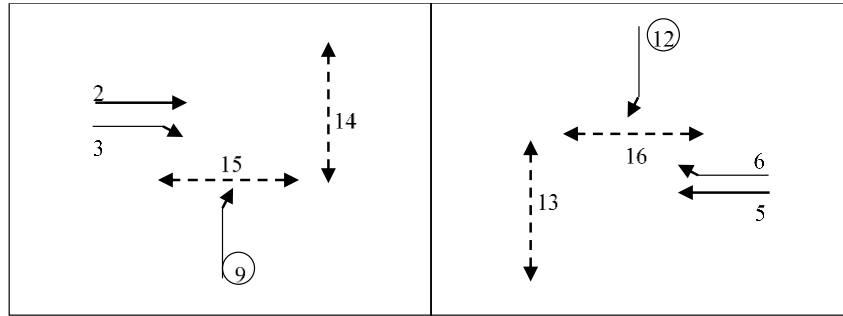


Figura 62. Movimientos en conflicto para movimientos de giro a la derecha de la calle menor.

Fuente: (TRB, 2010)

Las siguientes ecuaciones calculan la tasa de flujo conflictiva para los movimientos de giro a la derecha en las calles menores que ingresan a las calles principales de dos carriles.

$$v_{c,9} = v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$$

$$v_{c,12} = v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$$

Movimientos de giro en U de la calle principal (Rango 2 — Movimientos 1U y 4U): La Figura 63 muestra los movimientos conflictivos encontrados por los principales conductores de giros en U en las calles. El movimiento de giro en U desde la calle principal está en conflicto con el flujo total de la rotación y el giro a la derecha, similar al movimiento de giro a la izquierda de la calle principal. (TRB, 2010)



Figura 63. Movimientos conflictivos para movimientos de giro en U de la calle principal

Fuente: (TRB, 2010)

Las ecuaciones representan las tasas de flujo conflictivas para los giros en U de las calles principales, donde la calle principal tiene cuatro carriles

$$v_{c,1U} = v_5 + v_6$$

$$v_{c,4U} = v_2 + v_3$$

Movimientos peatonales de la calle menor (Rango 2 — Movimientos 13 y 14): Los movimientos de peatones de las calles menores (los peatones que cruzan la calle principal) están

en conflicto directo con todos los movimientos de vehículos en la calle principal, excepto el giro a la derecha y los movimientos de giro a la izquierda en la calle principal que se aproxima desde el lado opuesto de la intersección. El volumen de los peatones de calles menores es un parámetro de entrada en el cálculo de las tasas de flujo en conflicto para todos los movimientos de Rango 3 y Rango 4. (TRB, 2010)

Paso 4: Determinar los avances críticos y los avances de seguimiento

El avance crítico t_c se define como el intervalo de tiempo mínimo en el flujo de tráfico de la calle principal que permite la entrada a la intersección para un vehículo de calle menor. Por lo tanto, el avance crítico del conductor es el avance mínimo que sería aceptable. El tiempo que transcurre entre la salida de un vehículo desde la calle menor y la salida del siguiente vehículo que utiliza el mismo avance de la calle principal, en una condición de continua cola en la calle menor, se denomina avance de seguimiento t_f . Por lo tanto, t_f es el avance que define la tasa de flujo de saturación para la aproximación si no hubiera vehículos en conflicto en movimientos de rango más alto (TRB, 2010). Los avances críticos se calculan con la ecuación:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT}$$

$t_{c,x}$ = avance crítico para el movimiento x (s);

$t_{c,base}$ = avance crítico base de la Tabla 10 (s);

$t_{c,HV}$ = factor de ajuste para vehículos pesados (1.0 para calles principales con un carril en cada dirección; 2.0 para calles principales con dos o tres carriles en cada dirección) (s);

P_{HV} = proporción de vehículos pesados para movimiento (expresada como decimal; por ejemplo $P_{HV} = 0.02$ para vehículos pesados al 2%);

$t_{c,G}$ = factor de ajuste para la pendiente (0.1 para los movimientos 9 y 12; 0.2 para los movimientos 7, 8, 10 y 11) (s);

G = porcentaje de pendiente (expresado como un número entero; por ejemplo, $G = -2$ para un grado de descenso del 2%); y

$t_{3,LT}$ = factor de ajuste para la geometría de la intersección (0.7 para el movimiento de giro a la izquierda en la calle menor en las intersecciones de tres patas; 0.0 de lo contrario) (s).

$t_{3,LT}$ Es aplicable a los movimientos 7, 8, 10 y 11.

Tabla 10: Avances críticos base para una intersección TWSC

Movimiento del vehículo	Avance crítico base,tc,base(s)		
	Dos carriles	Cuatro carriles	Seis carriles
Giro a la izquierda de la calle principal	4.1	4.1	5.3
Giro en U de la calle principal	N/A	6.4 (amplio) 6.9(estrecho)	5.6
Giro a la derecha de la calle menor	6.2	6.9	7.1
Tráfico directo en la calle menor	1 etapa: 6.5	1 etapa: 6.5	1 etapa: 6.5
	2 etapas, Etapa I: 5.5	2 etapas, Etapa I: 5.5	2 etapas, Etapa I: 5.5
	2 etapas, Etapa II: 5.5	2 etapas, Etapa II: 5.5	2 etapas, Etapa II: 5.5
Giro a la izquierda de la calle menor	1 etapa: 7.1	1 etapa: 7.5	1 etapa: 6.4
	2 etapas, Etapa I: 6.1	2 etapas, Etapa I: 6.5	2 etapas, Etapa I: 7.3
	2 etapas, Etapa II: 6.1	2 etapas, Etapa II: 6.5	2 etapas, Etapa II: 6.7

Fuente: (TRB, 2010)

Al igual que el cálculo de avances críticos, se realiza el cálculo de los avances de seguimiento:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV}P_{HV}$$

$t_{f,x}$ =avances de seguimiento para el movimiento x (s),

$t_{f,base}$ =avance de seguimiento base de la Tabla 11 (s),

$t_{f,HV}$ =factor de ajuste para vehículos pesados (0.9 para calles principales con un carril en cada dirección, 1.0 para calles principales con dos o tres carriles en cada dirección), y

P_{HV} =proporción de vehículos pesados para movimiento (expresada como decimal; por ejemplo, $P_{HV} = 0.02$ para vehículos pesados al 2%).

Tabla 11: Avance de seguimiento base para una intersección TWSC

Movimiento del vehículo	Avance de seguimiento base,tc,base(s)		
	Dos carriles	Cuatro carriles	Seis carriles
Giro a la izquierda de la calle principal	2.2	2.2	3.1
Giro en U de la calle principal	N/A	2.5 (amplio) 3.1 (estrecho)	2.3
Giro a la derecha de la calle menor	3.3	3.3	3.9
Tráfico directo en la calle menor	4	4	4
Giro a la izquierda de la calle menor	3.5	3.5	3.8

Fuente: (TRB, 2010)

Si se observan valores menores para t_c y t_f , la capacidad aumentará. Si se usan valores mayores para t_c y t_f , la capacidad se reducirá.

Paso 5: Calcular las capacidades potenciales

La capacidad potencial de un movimiento se calcula de acuerdo con el modelo de aceptación de espacios que se proporciona en la ecuación:

$$c_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x}t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,x}t_{f,x}/3600}}$$

Donde:

$c_{p,x}$ =capacidad potencial de movimiento x (veh / h),

$v_{c,x}$ =tasa de flujo conflictivo para el movimiento x (veh / h),

$t_{c,x}$, =avance crítico para movimientos menores x (s), y

$t_{f,x}$ =Avance de seguimiento para movimientos menores x (s).

Paso 6: Capacidad de movimiento rango 1

Se supone que los movimientos de la calle principal de rango 1 no están impedidos por ningún movimiento de rango inferior. Este rango también implica que no se espera que los movimientos de la calle principal del Rango 1 incurran en demora o desaceleración mientras viajan por la intersección. Las observaciones empíricas han demostrado que tales demoras ocurren ocasionalmente, y se explican utilizando los ajustes que se proporcionan más adelante en este procedimiento.

Paso 7: Capacidad de movimiento rango 2

Capacidad de movimiento para los movimientos de giro a la izquierda de la calle principal: Los movimientos de giro a la izquierda de la calle principal solo pueden ser impedidos por peatones en conflicto; por lo tanto, la capacidad de movimiento para los movimientos de giro a la izquierda en la calle principal se calcula con la ecuación

$$c_{m,j} = (c_{p,j})p_{p,i}$$

Donde:

$c_{m,j}$ =Capacidad de movimiento

$c_{p,j}$ = Capacidad potencial de los movimientos 1 y 4

$p_{p,i}$ = Factor de impedancia peatonal de los movimientos 1 y 4

La siguiente ecuación calcula un factor que tiene en cuenta el bloqueo peatonal:

$$f_{pb} = \frac{(v_x) \left(\frac{w}{S_p} \right)}{3600}$$

Dónde: f_{pb} = factor de bloqueo peatonal o proporción de tiempo que se bloquea un carril en una aproximación durante 1 h;

v_x = número de grupos de peatones, donde x es Movimiento 13, 14, 15 o 16;

w = ancho del carril en el que el movimiento menor está negociando en (ft); y

S_p = velocidad de caminata peatonal, se asume que es de 3.5 pies / s.

El factor de impedancia peatonal para el movimiento peatonal x, $p_{p,x}$ se calcula mediante la ecuación

$$p_{p,x} = 1 - f_{pb}$$

La Tabla 12 muestra el factor de impedancia peatonal para los distintos movimientos vehiculares en una intersección TWSC, y los movimientos peatonales a los que deben de ceder.

Tabla 12. *Impedancia peatonal para movimientos de rango 2*

Movimiento vehicular (vx)	Debe ceder el movimiento peatonal	Factor de impedancia peatonal (pp,x)
v1	v16	pp,16
v1u	-	-
v4	v15	pp,15
v4U	-	-
v9	v16, v14	(pp,15) (pp,14)
v12	v16, v13	(pp,16) (pp,13)

Fuente: (TRB, 2010)

Capacidad de movimiento para movimientos de giro a la derecha en la calle menor:
Como se indica en la figura los factores de ajuste de capacidad se indican mediante f_9 y f_{12} para los movimientos de giro a la derecha de las calles menores 9 y 12, respectivamente, y están dados por las ecuaciones. (TRB, 2010)

$$f_9 = p_{p,15} p_{p,14}$$



$$f_{12} = p_{p,16}p_{p,13}$$

Dónde:

f_9, f_{12} = factor de ajuste de la capacidad para los movimientos 9 y 12 de giro a la derecha de las calles menores; y

$p_{p,j}$ = probabilidad de que el movimiento peatonal j en conflicto con el rango 2 opere en un estado sin cola.

La capacidad de movimiento para los movimientos de giro a la derecha en las calles menores se calcula con la Ecuación

$$c_{m,j} = (c_{p,j})f_j$$

Dónde:

$c_{m,j}$ = capacidad de movimiento para los movimientos 9 y 12,

$c_{p,j}$ = capacidad potencial para los Movimientos 9 y 12, y

f_j = factor de ajuste de capacidad para los movimientos 9 y 12.

Efecto del carril compartido de la calle principal de paso y de giro a la izquierda: Se puede tener en cuenta el potencial de colas en una calle principal con carriles de giro a la izquierda compartido o corto mediante las ecuaciones para calcular la probabilidad de que no haya cola en las respectivas calles compartidas. (TRB, 2010)

$$p_{*0,j} = 1 - \frac{1 - p_{0,j}}{1 - x_{i,1+2}}$$

$$p_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{c_{m,j}}$$

$$x_{i,1+2} = \frac{v_{i1}}{S_{i1}} + \frac{v_{i2}}{S_{i2}}$$

Donde:

$p_{0,j}$ = Probabilidad de que el tráfico de giro a la izquierda de la calle principal funcione en un estado libre de colas



$j = 1$ y 4 (movimientos de giro a la izquierda en la calle principal y giro en U del Rango 2, utilizando el volumen y la capacidad compartidos según corresponda).

$x_{i,1+2}$ = grado combinado de saturación para los movimientos de giro a la derecha y directo de la calle principal;

S_{i1} = tasa de flujo de saturación para los movimientos directos de la calle principal (se asume que el valor predeterminado es de 1.800 veh / h)

S_{i2} = tasa de flujo de saturación para los movimientos de giro a la derecha de la calle principal (el valor predeterminado se asume que es de 1.500 veh / h)

v_{i1} = tasa de flujo de movimiento directo de la calle principal (veh / h);

v_{i2} = tasa de flujo de giro a la derecha de la calle principal (veh / h)

Paso 8: Calcular las capacidades de movimiento para los movimientos de Rango 3

La capacidad de movimiento $c_{m,k}$ para todos los movimientos de Rango 3 se encuentra al calcular como indica la ecuación, un factor de ajuste de capacidad que explica los efectos que impiden los movimientos de mayor rango. (TRB, 2010)

$$f_k = \prod_j (p_{0,j}) p_{p,x}$$

Donde:

$p_{0,j}$ = probabilidad de que el movimiento j de Rango 2 en conflicto opere en un estado sin cola,

$p_{p,x}$ = probabilidad de movimientos peatonales de prioridad de rango 1 o de rango 2,

k = movimientos de rango 3, y

$x = 13, 14, 15, 16$ (movimientos de peatones de Rango 1 y Rango 2).

La Tabla 13 muestra el factor de impedancia peatonal que serán utilizados para los movimientos de rango 3

Tabla 13: *Impedancia peatonal para movimientos de rango 3*

Movimiento vehicular (vx)	Debe ceder el movimiento peatonal	Factor de impedancia peatonal (pp,x)
V7	v15, v13	(pp,15)(pp,13)

Fuente: (TRB, 2010)

La capacidad de movimiento para los movimientos de calle menor de Rango 3 se calcula con la ecuación:

$$c_{m,k} = (c_{p,k})f_k$$

Paso 9: Ajustes de capacidad final

Capacidad de carril compartido de las aproximaciones de calles menores: Cuando varios movimientos comparten el mismo carril y no pueden detenerse lado a lado en la línea de parada, la ecuación se usa para calcular la capacidad de un carril compartido:

$$C_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$$

Donde:

C_{SH} = capacidad del carril compartido (veh / h),

v_y = tasa de flujo del movimiento y en el carril compartido del sujeto (veh / h), y

$c_{m,y}$ = capacidad de movimiento del movimiento y en el carril compartido del sujeto (veh / h).

Paso 10: Calcular la demora del control de movimiento

Se cuantifica la porción de demora atribuida al aspecto de control PARE de la intersección, denominada demora de control. Esta incluye la demora debido a la desaceleración hasta una parada en la parte posterior de la cola debido a la velocidad del flujo libre, el tiempo de movimiento dentro de la cola, la demora detenida en la parte delantera de la cola y la demora debido a la aceleración de regreso a la velocidad del flujo libre. Con respecto a las mediciones de campo, la demora de control se define como el tiempo total que transcurre desde el momento en que un vehículo se detiene al final de la cola hasta el momento en que el vehículo sale de la línea de parada. Este tiempo total transcurrido incluye el tiempo requerido para que el vehículo viaje desde la última posición en la cola a la posición de la primera entrada, incluida la desaceleración de los vehículos desde la velocidad de flujo libre a la velocidad de los vehículos en cola. (TRB, 2010)

Cálculo de la demora de control para los movimientos de rango 2 a rango 4: La demora de control promedio se calcula con la ecuación para cualquier movimiento menor en particular es una función de la capacidad de la aproximación y el grado de saturación.

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5$$

Donde:

d = demora de control (s / veh),

v_x = tasa de flujo para el movimiento x (veh / h),

$c_{m,x}$ = capacidad de movimiento x (veh / h), y

T = período de tiempo de análisis (es igual a 0.25 h para un período de 15 minutos) (h).

Cálculo de la demora de control de movimientos de rango 1: El efecto de un carril compartido en la aproximación de la calle principal donde los vehículos que giran a la izquierda pueden bloquear los vehículos de rango 1 o de giro a la derecha puede ser significativo. Un vehículo que gire a la izquierda con demora puede bloquear los vehículos de Rango 1 que se encuentran detrás. Esto retrasará no solo los vehículos de rango 1 sino también los movimientos de rango inferior. Mientras que los vehículos retrasados de Rango 1 se están descargando de la cola formada detrás de un vehículo que gira a la izquierda, impiden los movimientos conflictivos de menor rango (TRB, 2010). La demora promedio de los vehículos de rango 1 se calcula con la ecuación

$$d_{rango1} = \begin{cases} \frac{(1 - p_{*0,j}) d_{M,LT} \left(\frac{v_{i,1}}{N} \right)}{v_{i,1} + v_{i,2}} & N > 1 \\ (1 - p_{*0,j}) d_{M,LT} & N = 1 \end{cases}$$

Donde:

d_{rango1} = demora a los vehículos de rango 1 (s / veh);

N = número de carriles de paso por dirección en la calle principal;

$p_{*0,j}$ = proporción de vehículos de rango 1 no bloqueados, de la ecuación 19-43;



$d_{M,LT}$ = demora a los principales vehículos que giran a la izquierda, de la ecuación 19-64 (s / veh);

$v_{i,1}$ = vehículos directos de la calle principal en carril compartido (veh / h); y

$v_{i,2}$ = vehículos de giro en la calle principal en carril compartido (veh / h).

Paso 11: Calculo de demora de control de aproximación y de intersección

La demora de control para todos los vehículos en una aproximación particular se puede calcular como el promedio ponderado de las estimaciones de demora de control para cada movimiento en la aproximación. (TRB, 2010)

$$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$$

Donde:

d_A = demora de control en la aproximación (s / veh);

d_r, d_t, d_l = demora de control calculado para los movimientos de giro a la derecha, directos y a la izquierda, respectivamente (s / veh); y

v_r, v_t, v_l = volumen o tasa de flujo de tráfico de giro a la derecha, directo y de giro a la izquierda en la aproximación, respectivamente (veh / h).

Del mismo modo, la demora de control de intersección se puede calcular con

$$d_I = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$$

Donde:

$d_{A,x}$ = demora de control en la aproximación x (s/veh), y

$v_{A,x}$ = volumen o tasa de flujo en aproximación x (veh / h)

Paso 12: Determinar el nivel de servicio

Los criterios de NDS se aplican a cada carril en una aproximación determinada y a cada aproximación en la calle menor de acuerdo con la tabla. NDS no se calcula para aproximaciones de calles principales o para la intersección en su totalidad, siguiente los criterios de la Tabla 14.

Tabla 14. *Criterios de nivel de servicio vehicular para una intersección TWSC*

Demora de control (s/veh)	NDS por relación volumen a capacidad	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Fuente: (TRB, 2010)

2.2.8.6.2 Niveles de servicio vehicular para intersecciones semaforizadas

Se utiliza la metodología del capítulo 18 del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) brindado por la junta de investigación del transporte, la metodología será desarrollada a continuación. Las medidas de desempeño de una intersección se describen mediante el uso de una o más medidas cuantitativas que caracterizan algún aspecto del servicio prestado a los vehículos motorizados como son: La relación volumen-capacidad del automóvil y la demora del automóvil. Para la intersección semaforizada del estudio se utilizará los pasos proporcionados por el HCM desarrollados en el flujograma de la Figura 64:

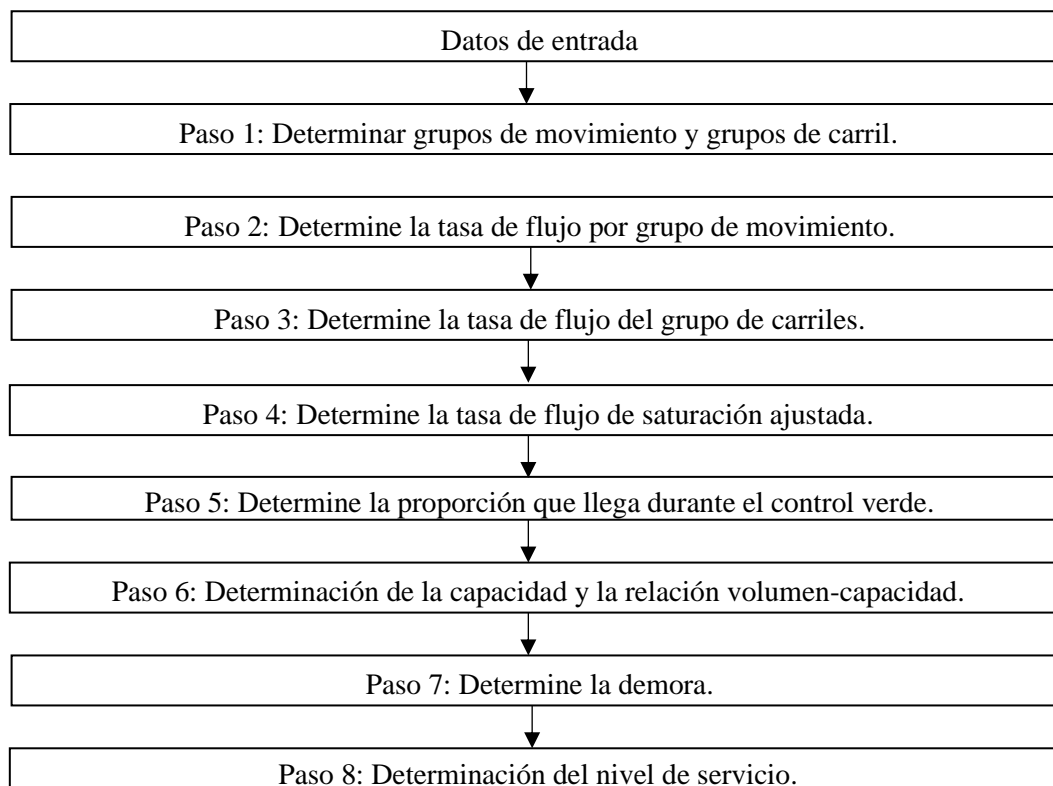


Figura 64. Flujograma de la metodología del nivel de servicio vehicular en intersecciones semaforizadas.

Paso 1: Determinar grupos de movimiento y grupos de carril

Para la evaluación y descripción de operación de la intersección se usa el concepto de grupos de movimiento y grupos de carril para describir y evaluar la operación de intersección. Estas dos designaciones de grupo son muy similares en significado. (TRB, 2010)

Para la designación de grupos de movimientos se utilizan las siguientes reglas:

























- Un movimiento de giro (a izquierda o derecha) que es servido por uno o más carriles exclusivos, se designan como un grupo de movimiento
- Los carriles que no cumplan la regla anterior, deberán ser asignados a un grupo de movimiento.

Para la designación de grupos de carriles se utilizan las siguientes reglas:

- Un carril exclusivo de giro (a izquierda o derecha), se designan como un grupo de carril separado.
- Los carriles compartidos se designan como un grupo de carril separado.
- Los carriles que no sean carriles exclusivos de giro o carriles compartidos, deberán ser combinados en un grupo de carriles.

La Tabla 15 muestra los grupos de movimientos y grupos de carriles más comunes.

Tabla 15. Grupos de movimientos y grupos de carriles comunes

N° de carriles	Movimiento por carriles	Grupo de movimiento (MG)	Grupo de carril (LG)
1	Izquierda, directo y derecha: 	MG 1: 	LG 1: 
2	Exclusivo a la izquierda: 	MG 1: 	LG 1: 
	Directo y derecha: 	MG 2: 	LG 2: 
3	Izquierda y directo: 	MG 1: 	LG 1: 
	Directo y derecha: 		LG 2: 
4	Exclusivo a la izquierda: 	MG 1: 	LG 1: 
	Exclusivo a la izquierda: 		LG 1: 
	Directo: 	MG 2: 	LG 2: 
	Directo y derecha: 		LG 3: 

Fuente: (TBR, 2010)

Paso 2: Determine la tasa de flujo por grupo de movimiento

La tasa de flujo para cada grupo de movimiento se determina en este paso. Si hay uno o más carriles exclusivos y no compartidos que dan servicio a un movimiento de giro, entonces la tasa de flujo de ese movimiento se asigna a un grupo de movimiento. El flujo restante, que no se ha asignado aun, se asigna a otros grupos de movimientos. (TRB, 2010)

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

La tasa de flujo de grupo de carril se determina en este paso. Si no hay carriles compartidos en la aproximación de intersección o si la aproximación tiene solo un carril, existe una correspondencia de uno a uno entre los grupos de carril y los grupos de movimiento. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carriles es igual a la tasa de flujo del grupo de movimiento. (TRB, 2010)

Paso 4: Determine la tasa de flujo de saturación ajustada

La tasa de flujo de saturación calculada se conoce como la tasa de flujo de saturación "ajustada" porque refleja la aplicación de varios factores que ajustan la tasa de flujo de saturación de base a las condiciones específicas presentes en la aproximación de la intersección del sujeto. (TRB, 2010)

En la siguiente ecuación se utiliza para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada de tasa de flujo por carril para el grupo de carril sujeto:

$$s_i = s_o * N_i * f_w . f_{HV} . f_g . f_p . f_{bb} . f_a . f_{LU} . f_{LT} . f_{RT} . f_{Lpb} . f_{Rpb}.$$

Dónde:

s_i = tasa de flujo de saturación ajustada (veh / h / ln).

s_o = tasa de flujo de saturación de la base (pc / h / ln).

N_i = número de carriles del grupo de carriles.

f_w = factor de ajuste para el ancho del carril.

f_{HV} = factor de ajuste para vehículos pesados en flujo de tráfico.

f_g = factor de ajuste para la pendiente de la aproximación



f_p = factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento y una actividad de estacionamiento adyacente al grupo de carril.

f_{bb} = factor de ajuste para el efecto de bloqueo de los autobuses locales que se detienen dentro del área de intersección.

f_a = factor de ajuste para el tipo de área.

f_{LU} = factor de ajuste para la utilización del carril.

f_{LT} = factor de ajuste para la presencia del vehículo a la izquierda en un grupo de carriles.

f_{RT} = factor de ajuste para la presencia del vehículo a la derecha en un grupo de carriles.

f_{Lpb} = factor de ajuste peatonal para grupos de giro a la izquierda.

f_{Rpb} = factor de ajuste peatón-bicicleta para grupos de giro a la derecha.

Para lo cual cada uno de los factores tiene fórmulas que se explican en la siguiente Tabla 16:

Tabla 16: fórmulas para hallar la tasa de flujo de saturación ajustada

Factor de ajuste	Formula	Parámetros
ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{(w - 36)}{9}$	w= Ancho de carril(m) <10.00ft, fw = 0.96 >10-12.9ft, fw = 1 >12.9ft, fw = 1.04
vehículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(ET - 1)}$	%HV=% de vehículos Pesados – grupos de carriles ET = 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
estacionamiento	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{9}$	N = número de carriles por grupo Nm= número de maniobras de parqueo/hora 0 ≤ Nm ≤ +180 fp ≥ 0.050 fp = 1.000 sin parqueo
bloqueo de buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_B}{3600}}{9}$	N = número de carriles en el acceso NB= número de paradas de buses/hora 0 ≤ NB ≤ +180 fbb ≥ 0.050
tipo de área	$f_a = 0.900$ en CBD $f_a = 1.000$ en otras areas	CBD = centro de negocios
Utilización de carril	$f_{LU} = \frac{vg}{v_{g1}N}$	vg = tasa de flujo de demanda para el grupo de movimiento (veh / h) v _{g1} = tasa de flujo de demanda en el carril con la mayor tasa de flujo de todos los carriles en el grupo de movimiento (veh / h / carril) N = número de carriles en el grupo Grupo de carriles con carril compartido o exclusivo es 1.0
Giros izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo $f_{LT} = 0.95$ Carril compartido $f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05 * Plt}$	f_{LT} = Proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles
giros derechos	Carril exclusivo $f_{RT} = 0.85$ Carril compartido $f_{RT} = 1.0 - (0.15) P_{RT}$ Carril único $f_{RT} = 1.0 - (0.135) P_{RT}$	P_{RT} = proporción de giros derechos en el grupo de carriles $f_{RT} = \geq 0.050$
bloqueo por peatones y bicicleta	Ajuste giro izquierdo $f_{Lpb} = A_{pbT}$ Ajuste giro derecho $f_{Rpb} = A_{pbT}$	A_{pbT} = Tiempo desocupado

Fuente: (TBR, 2010)

**Paso 5: Determine la proporción que llega durante el control verde**

La demora en una intersección señalizada depende en gran medida de la proporción de vehículos que llegan durante las indicaciones de señal verde y roja. La demora y el tamaño de la cola son más pequeños cuando una proporción mayor de vehículos llega durante la indicación verde. La ecuación se usa para calcular esta proporción para cada grupo de carril. (TRB, 2010)

$$P_i = R_{pi} \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Donde:

P_i = proporción de los vehículos que llegan durante el verde, en el grupo de carriles i

R_p = relación de grupo de llegada, en el grupo de carriles i

g = Tiempo verde efectivo (s)

C = longitud del ciclo del semáforo (s)

La calidad de progresión del flujo vehicular entre intersecciones se describe a través de seis tipos de llegadas a los accesos de las intersecciones, para cada grupo de carriles, así:

- Tipo 1: grupos densos que llegan al inicio del rojo. Calidad de progresión muy deficiente, como resultado de la optimización de toda la malla ($R_p=0.33$)
- Grupo 2: grupos moderados que llegan a la mitad del rojo. Progresión desfavorable en calles de doble sentido ($R_p=0.67$)
- Grupo 3: llegadas aleatorias. Representa la operación en intersecciones aisladas o no interconectadas, o donde los beneficios de la progresión son mínimas ($R_p=1.00$)
- Tipo 4: grupos moderados que llegan a la mitad del verde. Progresión favorable en calles de doble sentido ($R_p=1.33$).
- Tipo 5: grupos densos que llegan al inicio del verde. Calidad de progresión altamente favorable ($R_p=1.67$).
- Tipo 6: progresión excepcional. Grupos densos que progresan a través de varias intersecciones cortamente espaciadas ($R_p=2.00$).

Paso 6: Determinación de la capacidad y la relación volumen-capacidad



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

$$c_i = N_i \times s_i \frac{g_i}{C}$$

Donde:

c_i = capacidad del grupo de carriles i (veh/h)

N_i = número de carriles, 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 del semáforo (s)

$\frac{g_i}{C}$ = Proporción de verde efectivo para el grupo de carriles i

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

$$X_i = \frac{v_i}{c_i}$$

Dónde

X_i = relación de volumen a capacidad o grado de saturación,

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

c_i = capacidad (veh / h). Cuando la tasa de flujo v_i es igual a la capacidad c_i , el grado de saturación X_i es igual a 1. Valores de X_i superiores a 1, indican un exceso de demanda sobre la capacidad.

Paso 7: Determine la demora

La demora calculada en este paso representa la demora de control promedio experimentado por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier demora en la que incurran estos vehículos que aún están en la cola después de que



finalice el período de análisis. La demora de control para un grupo de carril dado se calcula utilizando la siguiente ecuación. (TRB, 2010)

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde:

d = demora por control por vehículo (s/veh)

d_1 = demora uniforme (s/veh)

d_2 = demora incremental (s/veh)

d_3 = demora de cola inicial (s/veh)

Demora uniforme

La ecuación representa una forma de calcular la demora cuando se supone que las llegadas son aleatorias a lo largo del ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período. (TRB, 2010)

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

Donde:

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 controles de tiempo fijo

X_i = relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles

Demora incremental

La demora incremental explica la demora debido a la variación aleatoria en el número de llegadas en función de cada ciclo. También explica la demora causada por la demanda que excede la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la cual la demanda excede la capacidad durante el período de análisis se conoce aquí como demanda no satisfecha. La ecuación de demora incremental se derivó mediante el supuesto de que no hay una cola inicial debido a una demanda no satisfecha en el período de análisis anterior. (TRB, 2010)



$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 k l x}{c T}} \right]$$

Donde:

T = duración del periodo de análisis (0.25h)

k = factor de demora incremental que es dependiente del ajuste de los controladores. $k=0.50$ para intersecciones prefijadas.

l = factor de ajuste por ingresos a la intersección aguas arriba. $l = 1.00$ para intersecciones aisladas.

c = capacidad del grupo de carriles (veh/h)

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

Demora por cola inicial

Cuando una cola existe antes del periodo de análisis T , los vehículos experimentan una demora adicional, debido a que la cola inicial deberá desalojar la intersección, esta demora se calcula con la fórmula siguiente:

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

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

Si se observa que no existe cola inicial, $Q_b = 0$ segundos

Demoras agregadas

La demora en cualquier aproximación, se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles de la aproximación, utilizando los flujos ajustados de los grupos de carriles, según indica la fórmula:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i v_i)}{\sum_{i=1}^A v_i}$$

Donde:

A = número de grupos de carriles en la aproximación A ,

d_A = demora en el acceso A (s/veh)

d_i = demora en el grupo de carriles i , en la aproximación A (s/veh)

v_i = volumen ajustado del grupo de carriles i (s/veh)

Para la demora de la intersección se determina como promedio ponderado de las demoras de todas las aproximaciones de la intersección, según la fórmula:

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^I (d_A v_A)}{\sum_{A=1}^I v_A}$$

Donde:

I = número de aproximaciones de la intersección

d_I = demora en la intersección I (s/veh)

d_A = demora en la aproximación A (s/veh)

v_A = volumen ajustado de la aproximación A (veh/h)

Paso 8. Determinación del nivel de servicio

Para determinar el NDS para cada grupo de carril, cada aproximación y la intersección en su conjunto, se consulta la Tabla 17. El NDS es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para los automovilistas en la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales. (TRB, 2010)

Tabla 17: *Criterios de nivel de servicio vehicular para una intersección semaforizada*

Demora de control (s/veh)	NDS por relación volumen a capacidad	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$
≤ 10	A	F
$> 10-20$	B	F
$> 20-35$	C	F
$> 35-55$	D	F
$> 55-80$	E	F
> 80	F	F

Fuente: (TRB, 2010)

2.2.8.7 Nivel de servicio peatonal según la metodología del HCM 2010

El manual HCM 2010 define los niveles de servicio (NDS) peatonales desde la A hasta la F, siendo el nivel A la mejor calificación y el nivel F la peor calificación para un sendero peatonal o andén. A continuación, se describen cada uno de los niveles de servicio.

Nivel de servicio A. Los peatones se mueven en trayectorias deseadas sin alterar sus movimientos en respuesta a otros peatones. Las velocidades de marcha se seleccionan libremente y los conflictos entre peatones son poco probables. (TRB, 2010)

Nivel de servicio B. Hay espacio suficiente para que los peatones seleccionen su velocidad de marcha libremente. Deben eludir a otros peatones para evitar conflictos al cruzar. Los peatones empiezan a ser conscientes de la presencia de otros peatones y deben elegir un sendero para caminar. (TRB, 2010)

Nivel de servicio C. El espacio es suficiente para la velocidad de marcha normal y para pasar por otros peatones en corrientes principalmente unidireccionales. En sentido inverso o movimientos de cruce se pueden presentar conflictos de menor importancia, las velocidades y la tasa de flujo son algo más bajas. (TRB, 2010)

Nivel de servicio D. Hay libertad para elegir la velocidad de marcha de los peatones, pero el cruce con otros peatones es restringido. Los cruces en sentidos opuestos pueden generar alta probabilidad de conflictos. Se requiere cambiar la velocidad y la posición para caminar. Los niveles de servicio D proporciona un flujo razonablemente fluido, pero la fricción y la interacción entre los peatones es probable. (TRB, 2010)

Niveles de servicio E. Prácticamente todos los peatones restringen su velocidad de marcha normal, con frecuencia ajustando su modo de andar. En el rango inferior, el movimiento hacia adelante es posible sólo arrastrando los pies. (TRB, 2010)

Nivel de servicio F. Todas las velocidades de marcha están severamente restringidas y todos deben ajustar su modo de andar. Con frecuencia se presenta contacto entre personas. Los cruces y los movimientos en dirección contraria son virtualmente imposibles. El flujo es flujo es esporádico e inestable. El flujo característico son peatones que se mueven en colas. (TRB, 2010)

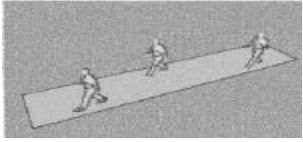
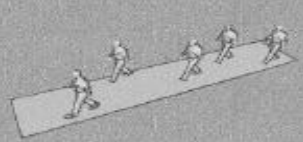
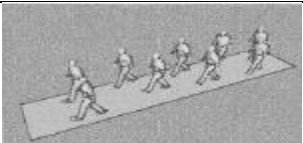
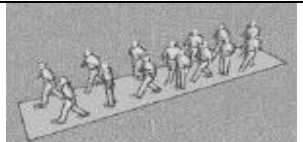
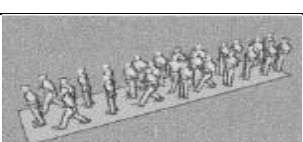
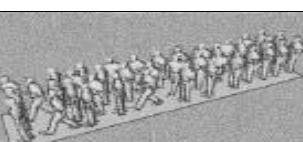
Nivel de servicio A	
Nivel de servicio B	
Nivel de servicio C	
Nivel de servicio D	
Nivel de servicio E	
Nivel de servicio F	

Figura 65. Nivel de servicio peatonal

Fuente: (TRB, 2010)

2.2.8.7.1 Niveles de servicio peatonal para una intersección semaforizada

Se utiliza la metodología del capítulo 18 del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) brindado por la junta de investigación del transporte, la metodología será desarrollada a continuación. Las medidas de rendimiento se basan en el concepto de "área de circulación". El área de circulación describe el espacio disponible para el peatón promedio. Un área más grande es más deseable desde la perspectiva peatonal. La Tabla 18 se puede usar para evaluar el rendimiento de la intersección desde una perspectiva de área de circulación.

Tabla 18. Descripción cualitativa de espacio peatonal

Espacio peatonal (ft ² /p)	Espacio peatonal (m ² /p)	Descripción
>60	>5.57	Capacidad de moverse en el camino deseado, sin necesidad de alterar movimientos
>40-60	>3.72 - 5.57	Necesidad ocasional de ajustar ruta para evitar conflictos
>24-40	>2.23-3.72	Necesidad frecuente de ajustar la ruta para evitar conflictos
>15-24	>1.39-3.72	Velocidad y capacidad de paso de peatones lentos restringidos
>8-15	>0.743.72	Velocidad restringida, capacidad muy limitada para pasar a peatones más lentos
≤8	≤0.74	Velocidad severamente restringida, contacto frecuente con otros usuarios

Fuente: (TRB, 2010)

La metodología peatonal se aplica a través de una serie de cinco pasos que determinan el NDS peatonal para un cruce peatonal y esquinas asociadas. Este se evalúa por separado para cada cruce de peatones e intersecciones con esta metodología. Estos pasos se ilustran en la Figura 66:

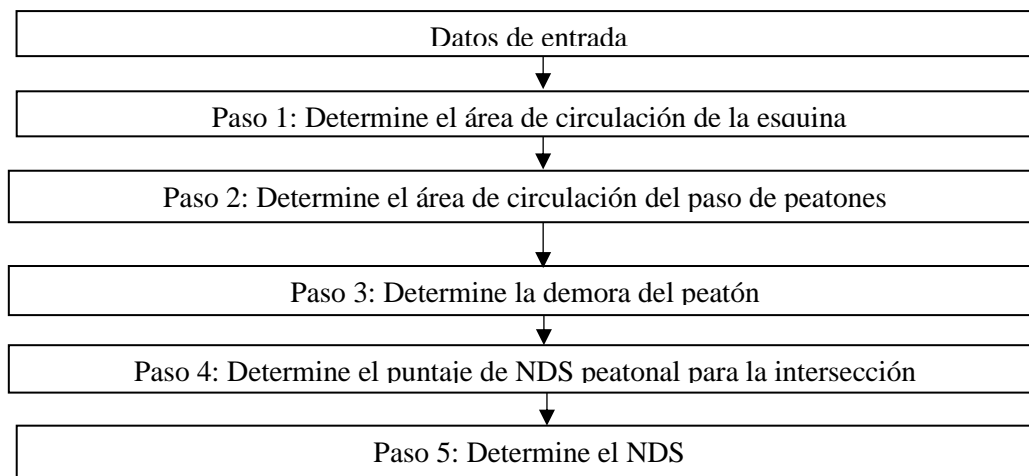


Figura 66. Flujograma de la metodología de nivel de servicio peatonal en una intersección semaforizada

Fuente: (TRB, 2010)

Cuando se evalúan una esquina y sus dos cruces. Se dan dos condiciones de flujo:

- La condición 1 corresponde al cruce de la calle menor que ocurre durante la fase de la calle principal como se ilustra en la Figura 67. Los peatones que deseen cruzar la calle principal deben esperar en la esquina. (TRB, 2010)

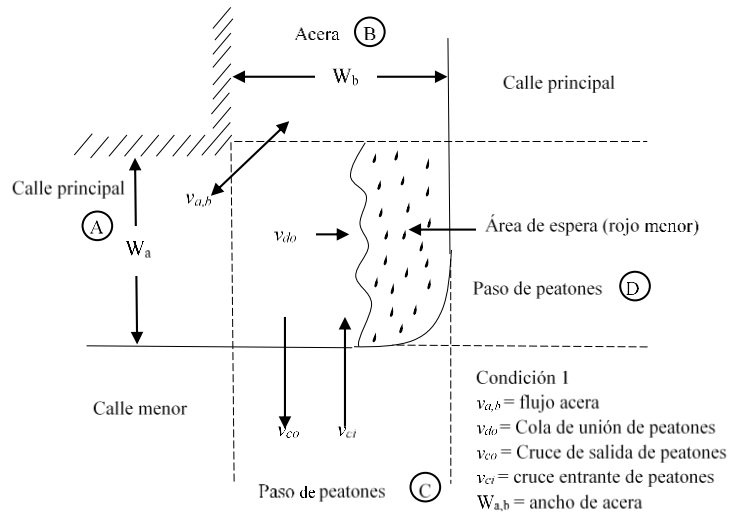


Figura 67. Cruces en la calle menor

Fuente: (TRB, 2010)

- La condición 2 corresponde al cruce de la calle mayor que ocurre durante la fase de la calle menor, como se ilustra en la Figura 68. Para esta condición, los peatones que desean cruzar la calle menor esperan en la esquina. (TRB, 2010)

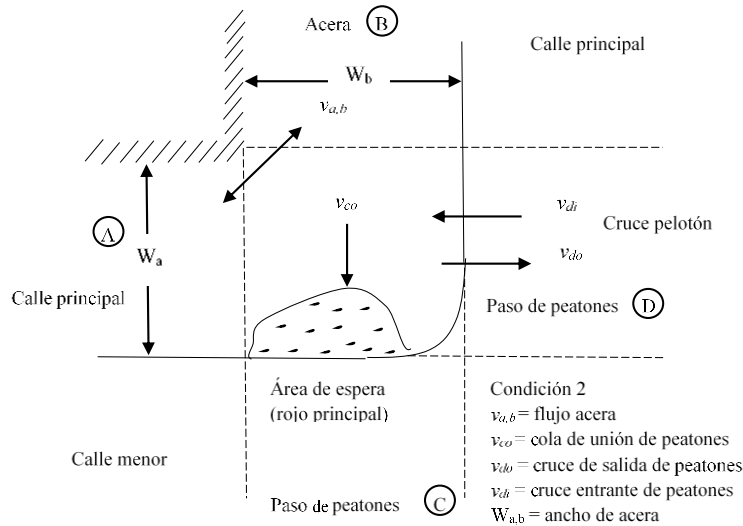


Figura 68. Cruces en la calle principal

Fuente: (TRB, 2010)

Paso 1: Determine el área de circulación de la esquina

El análisis del área de circulación en las esquinas y en los cruces peatonales compara el tiempo y el espacio disponibles con la demanda peatonal. Combina las limitaciones del diseño

físico (que limita el espacio disponible) y la operación de la señal (que limita el tiempo disponible). En lo sucesivo, este parámetro se denomina "tiempo espacio". (TRB, 2010)

- a) Calcular el tiempo-espacio disponible

La siguiente ecuación se usa para calcular el tiempo y el espacio disponible en una esquina de la intersección. (TRB, 2010)

$$TS_{esquina} = C (W_a W_b - 0.215R^2)$$

Dónde:

$TS_{esquina}$ = tiempo espacio de esquina disponible (ft²-s),

C = longitud (es) del ciclo,

W_a = ancho total de la acera A (pies),

W_b = ancho total de la acera B (pies), y

R = radio del bordillo de la esquina (pies).

Si el radio del bordillo de la esquina es mayor que W_a o W_b , entonces la variable R en la ecuación debe ser igual a la menor de W_a o W_b .

- b) Calcular el tiempo de espera en el área de espera

El tiempo promedio de espera para peatones representa el tiempo promedio que los peatones esperan para cruzar la calle ya sea principal o menor, cuando salen de la esquina, como se indica en la Figura 69. (TRB, 2010)

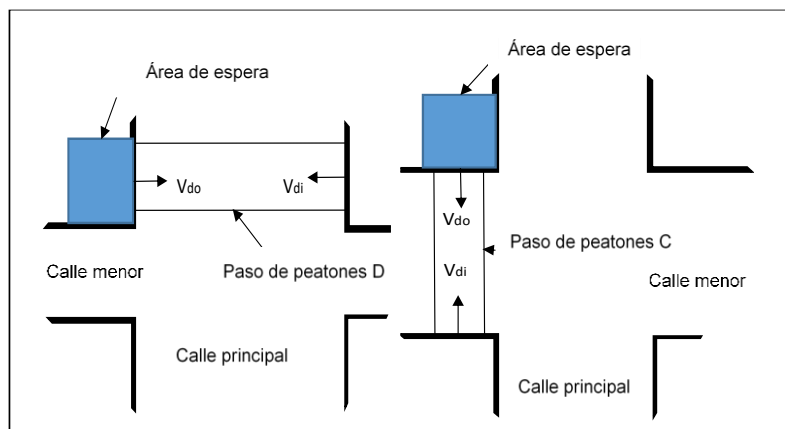


Figura 69. Área de espera para la calle principal y menor

Fuente:



Para la Condición 1:

$$Q_{tdo} = \frac{N_{do} (C - g_{caminata,mi})^2}{2C}$$

Con

$$N_{do} = \frac{v_{do}}{3600} C$$

Dónde

Q_{tdo} = tiempo total empleado por los peatones que esperan cruzar la calle principal durante un ciclo (p - s),

N_{do} = número de peatones que llegan a la esquina en cada ciclo para cruzar la calle principal (p),

$g_{caminata,mi}$ = tiempo de caminata efectivo para la fase que atiende el movimiento directo de la calle menor

C = longitud (es) del ciclo,

v_{do} = tasa de flujo de los peatones que llegan a la esquina para cruzar la calle principal (p/ h).

Si la fase que proporciona servicio a los peatones es: si es pre estimado con una señal de cabeza peatonal.

$$g_{caminata,mi} = Walk_{mi} + 4.0$$

De lo contrario (es decir, sin señal de cabeza)

$$g_{caminata,mi} = D_{P,mi} - Y_{mi} - R_{C,mi}$$

Dónde:

$g_{caminata,mi}$ = tiempo de caminata efectivo para la fase que atiende a los movimientos directos de la calle menor,

$caminata,mi$ = configuración de caminata peatonal para la fase que sirve a los movimientos directos de la calle menor,

$D_{P,mi}$ = duración de la fase al servicio que atiende a los movimientos directos de la calle menor,



Y_{mi} = intervalo de cambio amarillo de la fase que sirve a los movimientos directos de la calle menor, y

$R_{C,mi}$ = intervalo de espacio libre rojo de la fase que sirve a la calle menor a través del movimiento (s).

Para la Condición 2, las tres ecuaciones anteriores se repiten para calcular el tiempo del área de espera para los peatones que esperan cruzar la calle menor Q_{tdo} . Para esta aplicación, las letras subíndices "do" se reemplazan con las letras "co" para denotar a los peatones que llegan a la esquina para cruzar en el paso de peatones C. Del mismo modo, las letras subíndices "mi" se reemplaza con "mj" para denotar las variables de tiempo de señal asociadas con la fase que sirve al movimiento directo de la calle principal. (TRB, 2010)

c) Calcular el tiempo de circulación-espacio

Se utiliza la ecuación para calcular el tiempo-espacio disponible para los peatones en circulación.

$$TS_c = TS_{esquina} - [5.0(Q_{tdo} + Q_{tco})]$$

Donde:

$TS_{esquina}$ = es el tiempo espacio disponible para peatones circulantes (ft²-s)

Q_{tdo} = tiempo total empleado por los peatones que esperan cruzar la calle principal durante un ciclo (p - s),

Q_{tco} = tiempo total empleado por los peatones que esperan cruzar la calle menor durante un ciclo (p - s),

El último valor es igual al producto del tiempo total de espera y el área utilizada por los peatones en espera (= 5.0 ft² / p).

d) Calcular el área de circulación de esquinas peatonales

Las dos ecuaciones a continuación se usan para calcular el área de circulación de la esquina.

$$M_{esquina} = \frac{TS_c}{4.0 N_{tot}}$$

Con

$$N_{tot} = \frac{v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do}v_{a,b}}{3600} C$$

Dónde

$M_{esquina}$ = área de circulación de la esquina por peatón (ft² / p),

N_{tot} = número total de peatones circulantes que llegan a cada ciclo (p),

v_{ci} = tasa de flujo de los peatones que llegan a la esquina después de cruzar la calle menor (p / h),

v_{co} = tasa de flujo de los peatones que llegan a la esquina para cruzar la calle menor (p / h),

v_{di} = tasa de flujo de peatones que llegan a la esquina después de cruzar la calle principal (p / h), y

$v_{a,b}$ = tasa de flujo de los peatones que viajan por la esquina de la acera A a la acera B, o viceversa (p / h).

El área de circulación obtenida de la anterior ecuación se puede comparar con los rangos proporcionados por la Tabla 18 para emitir algunos juicios sobre el desempeño de la esquina peatonal en estudio. (TRB, 2010)

Paso 2: Determine el área de circulación del paso de peatones

Este paso describe un procedimiento para evaluar el desempeño de un paso de peatones, el cual se ilustra en la Figura 70, para ambas calles de una intersección, este procedimiento se repite para cada paso de interés.

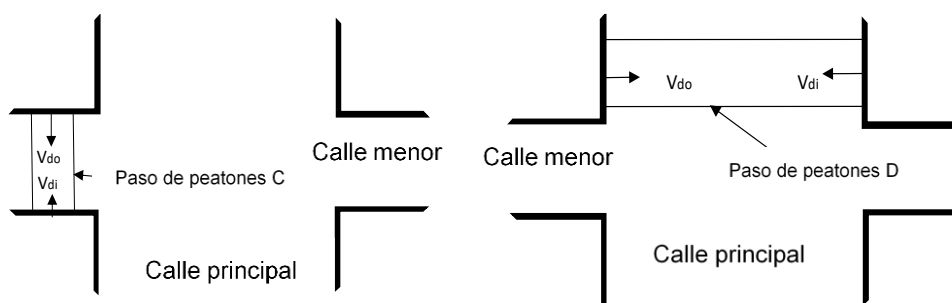


Figura 70. Paso de peatones en la calle principal y menor

Fuente: (TRB, 2010)



El procedimiento a seguir describe la evaluación del paso de peatones (es decir, un cruce de peatones en la calle principal). El procedimiento se repite para evaluar el paso de peatones C. Para la segunda aplicación, las letras subíndices "do" y "di" se reemplazan con las letras "co" y "ci", respectivamente, para denotar a los peatones asociados con el paso de peatones C. Del mismo modo, la letra subíndice "d" se reemplaza con la letra "c" para indicar la longitud y el ancho del cruce peatonal C. Además, las letras subíndices "mi" se reemplaza por "mi" para indicar las variables de tiempo de la señal asociadas con la fase que sirve a la calle principal a través del movimiento. (TRB, 2010)

- a) Establecer la velocidad de caminar: La velocidad promedio de peatones se necesita para evaluar el rendimiento en esquinas y cruces de peatones. La velocidad de la caminata está influenciada por la edad de los peatones y la pendiente de la acera. Si el 0% al 20% de los peatones que viajan a lo largo del segmento del sujeto son ancianos (es decir, tienen 65 años de edad o más), se recomienda una velocidad promedio de caminata de 4.0 pies / s para la evaluación de intersecciones. Si más del 20% de todos los peatones son ancianos, se recomienda una velocidad de caminata promedio de 3.3 pies/s. Además, una actualización del 10% o más reduce la velocidad de caminata en 0.3 pies/s.
- b) Calcular el espacio tiempo disponible: La ecuación se usa para calcular el tiempo-espacio disponible en el cruce de peatones.

$$TS_{cw} = L_d W_d g_{caminata,mi}$$

Dónde:

TS_{cw} = tiempo espacio disponible en el cruce de peatones (ft² - s),

L_d = longitud del paso de peatones D (pies),

W_d = ancho efectivo del cruce de peatones D (pies), y

$g_{caminata,mi}$ = tiempo de caminata efectivo para la fase que sirve a los movimientos directos de la calle menor.

- c) Calcular el tiempo espacio disponible efectivo: El tiempo espacio disponible en el cruce de peatones se ajusta en este paso para tener en cuenta el efecto que los vehículos de giro tienen en los peatones. Este ajuste se basa en la ocupación supuesta de un vehículo en el cruce de peatones. Las siguientes ecuaciones se utilizan para este propósito. (TRB, 2010)



$$TS_{CW}^* = TS_{CW} - TS_{tv}$$

$$TS_{tv} = 40N_{tv}W_d$$

$$N_{tv} = \frac{v_{lt,perm} + v_{rt} - v_{rtor}}{3600} C$$

Donde:

TS_{CW}^* = tiempo-espacio disponible para el cruce de peatones (ft²-s),

TS_{tv} = tiempo-espacio ocupado por vehículos que giran (ft² - s),

N_{tv} = número de vehículos que giran durante la caminata y los intervalos de tránsito peatonal (veh),

$v_{lt,perm}$ = velocidad de flujo de demanda de giro a la izquierda permitida (veh / h),

v_{rt} = tasa de flujo de la demanda a la derecha (veh / h), y

v_{rtor} = tasa de flujo de giro a la derecha en rojo (veh / h).

d) Calcular el tiempo de servicio peatonal

Este tiempo representa el tiempo transcurrido que comienza con la salida del primer peatón desde la esquina hasta la llegada del último peatón al otro lado del paso de peatones. De esta manera, tiene en cuenta el tamaño del pelotón en el tiempo de servicio.

Si el ancho de cruce de peatones W_d es mayor que 10 pies, entonces

$$t_{ps,do} = 3.2 + \frac{L_d}{S_p} + 2.7 \frac{N_{ped,do}}{W_d}$$

Si el ancho del paso de peatones W_d es menor o igual a 10 pies, entonces

$$t_{ps,do} = 3.2 + \frac{L_d}{S_p} + 2.7N_{ped,do}$$

$$N_{pe,do} = N_{do} \frac{C - g_{caminata,mi}}{C}$$

Dónde:

$t_{ps,do}$ = tiempo de servicio para los peatones que llegan a la esquina para cruzar las calles principales,



$N_{pe,do}$ = número de peatones que esperan en la esquina para cruzar la calle principal (p),

Otras variables son las definidas previamente.

e) Calcular el tiempo de ocupación del paso de peatones: El tiempo total de ocupación del paso de peatones se calcula como un producto del tiempo de servicio peatonal y el número de peatones que utilizan el cruce de peatones durante un ciclo de señal. Se utiliza las siguientes ecuaciones y los resultados de los pasos anteriores, para el cálculo. (TRB, 2010)

$$T_{occ} = t_{ps,do}N_{do} + t_{ps,di}N_{di}$$

Con

$$N_{di} = \frac{v_{di}}{3600} C$$

Dónde

T_{occ} = tiempo de ocupación del paso de peatones (p-s), y

N_{di} = número de peatones que llegan a la esquina de cada ciclo después de haber cruzado la calle principal (p).

f) Calcular el área de circulación de paso de peatones: El espacio de circulación provisto para cada peatón se determina dividiendo el tiempo espacio disponible para cruzar por el tiempo total de ocupación, como se muestra en la siguiente ecuación. (TRB, 2010)

$$M_{cw} = \frac{TS *_{cw}}{T_{occ}}$$

Donde:

M_{cw} = es el área de circulación del paso de peatones por peatón (ft² / p) y otras variables son las definidas anteriormente.

El área de circulación obtenida de la anterior ecuación se puede comparar con la Tabla 18 para emitir algunos juicios sobre el desempeño del cruce peatonal de la intersección del sujeto (para la dirección de desplazamiento especificada). Para obtener una imagen completa de la actuación del cruce de peatones del sujeto, el procedimiento descrito en este paso debe repetirse para la otra dirección de desplazamiento a lo largo del paso de peatones (es decir,

utilizando la otra esquina asociada con el cruce de peatones como punto de referencia). (TRB, 2010)

2.2.8.7.2 Niveles de servicio en instalaciones peatonales fuera de la calle

Se utiliza la metodología del capítulo 23 del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) brindado por la junta de investigación del transporte, la metodología será desarrollada a continuación. Las instalaciones para peatones fuera de la calle atienden únicamente el tráfico no motorizado y están separados del tráfico de vehículos de motor en la medida en que dicho tráfico no afectará su calidad de servicio. El análisis de las instalaciones para peatones y bicicletas fuera de la calle se realiza a nivel de segmento. (TRB, 2010) Un segmento termina y un nuevo segmento comienza cuando ocurre algo de lo siguiente:

- Hay un cruce de calles;
- El ancho de la instalación cambia significativamente;
- Hay una intersección con otra instalación exclusiva para peatones o bicicletas, donde los volúmenes de usuarios cambian significativamente o se crean flujos cruzados; o
- El tipo de instalación cambia (por ejemplo, cuando una pasarela se convierte en una escalera).

Para la siguiente investigación se utiliza la metodología de pasarelas y escaleras. Los umbrales de cada categoría son diferentes, pero todas se basan en el concepto de espacio por peatón, que es una Medida de confort y movilidad peatonal. La Figura 71 ilustra los pasos tomados para determinar las instalaciones peatonales exclusivas fuera de la calle.

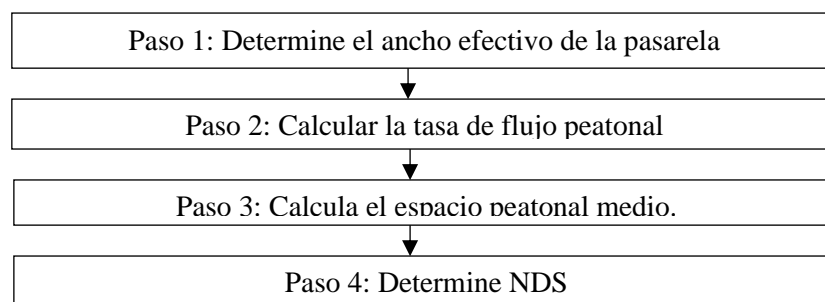


Figura 71. Flujograma de la metodología de nivel de servicio peatonal en instalaciones peatonales

Fuente: (TRB, 2010)

Datos de entrada

Para pasarelas y escaleras se requiere: Ancho efectivo de pasarela E_w y volumen peatonal pico de 15 minutos v_{15} .

Paso 1: Determine el ancho efectivo de la pasarela

El ancho efectivo de la pasarela es la parte de una pasarela que se puede usar efectivamente por los peatones, cuyas medidas se ilustran en la Figura 72. (TRB, 2010)

$$W_E = W_T - W_O$$

W_E = ancho efectivo de la calzada (pies),

W_T = ancho total de la pasarela en un punto dado a lo largo de la pasarela (ft), y

W_O = suma de anchos efectivos de objetos fijos y distancias tímidas de características lineales en un punto dado a lo largo de la pasarela (ft).



Figura 72. Ajuste de ancho para obstáculos fijos

Fuente: (TRB, 2010)

Típicamente, un análisis operacional de la pasarela evalúa la porción de la pasarela con el ancho efectivo más estrecho, ya que esta sección forma la restricción en el flujo de peatones. Un análisis de diseño identifica el mínimo efectivo.

Paso 2: Calcular la tasa de flujo peatonal



Las demandas peatonales por hora se utilizan como una entrada para el análisis. La demanda horaria por lo general se convierte en flujos máximos de 15 minutos, de modo que se basa en la mayor actividad 15 minutos consecutivos durante una hora:

$$V_{15} = \frac{Vs}{4 * PHF}$$

Dónde

V_{15} = tasa de flujo del peatón durante el pico 15 min (p / h),

Vs = demanda peatonal durante la hora de análisis (p / h),

PHF = factor de hora pico.

$$FHP = \frac{Vt}{\frac{60}{N} * (V15max)}$$

Donde:

FHP = Factor hora punta o factor horario de máxima demanda

Vt = Volumen peatonal en una hora (peatón/hora)

$V15max$ = Volumen pico en 15 minutos en la toma de datos (peatón/min)

N = Intervalo de cambio (generalmente cada 15 minutos)

Sin embargo, si el volumen peatonal máximo de 15 min está disponible, el volumen más alto de 15 minutos se puede usar directamente sin la aplicación del factor de hora pico. A continuación, el flujo máximo de 15 minutos se convierte en una tasa de flujo de unidad (peatones por minuto por pie de ancho del camino efectivo):

$$V_p = \frac{V_{15}}{15 * W_E}$$

Donde:

V_p Es flujo peatonal por unidad de ancho (p / min / ft)

Debido a que los peatones utilizan más energía para subir escaleras que para bajarlas, las tasas de flujo más bajas suelen ocurrir en la dirección ascendente. Por esta razón, cuando las escaleras se mueven en ambas direcciones simultáneamente o cuando la misma escalera se



usará principalmente en la dirección ascendente durante algunos períodos de tiempo y principalmente en la dirección descendente durante otros períodos de tiempo, la tasa de flujo ascendente debe usarse para el análisis y diseño. El cálculo del caudal de peatones para escaleras es, por lo demás, el mismo que el descrito para pasarelas. (TRB, 2010)

Paso 3: Calcular el espacio peatonal promedio

La tasa de flujo de la unidad peatonal está relacionada con el espacio y la velocidad de los peatones:

$$A_p = \frac{S_p}{v_p}$$

Dónde:

A_p = espacio peatonal (ft² / p),

S_p = velocidad peatonal (ft / min), y

v_p = flujo peatonal por unidad de ancho (p / pie / min).

Paso 4: Determine NDS

Pasarelas con flujo peatonal aleatorio

Cuando el flujo de peatones no está influenciado por el pelotón se debe usar la Tabla 19. Son aplicable a rampas con pendiente del 5% o menos, para pendientes mayores se puede utilizar la Tabla 19 correspondiente a escaleras, para una estimación más conservadora.

Tabla 19. *Criterios de nivel de servicio peatonal con flujo aleatorio*

Nivel de Servicio	Espacio		Flujo por unidad de ancho	
	ft ² /peatón	m ² /peatón	(p/min/ft)	(p/min/m)
A	> 60	> 6	≤5	≤17
B	> 40 - 60	> 4 - 6	> 5 - 7	> 17 - 23
C	> 24 - 40	> 2 - 4	> 7 - 10	> 23 - 33
D	> 15 - 24	> 1 - 2	> 10 - 15	> 33 - 50
E	> 8 - 15	> 0.7 - 1	> 15 - 23	> 50 - 77
F	≤ 8	≤ 0.7	>23	>77

Fuente: (TRB, 2010)

Pasarelas con flujo de pelotón

Los pelotones pueden surgir, por ejemplo, si la entrada a un segmento de pasarela está controlada por una señal de tráfico en un cruce de calles o si los peatones llegan a intervalos en

vehículos de tránsito. Se utiliza la siguiente Tabla 20 para el cálculo del nivel de servicio. (TRB, 2010)

Tabla 20. *Criterios de nivel de servicio peatonal para pasarelas con ajuste por pelotón.*

Nivel de Servicio	Espacio		Flujo por unidad de ancho	
	ft ² /peatón	(m ² /peatón)	(peatón/min/ft)	(peatón/min/m)
A	> 530	> 49.2	≤ 0.5	≤ 2
B	> 90 - 530	> 49.2 - 8.4	> 0.5 - 3	> 2 - 10
C	> 40 - 90	> 8.4 - 3.7	> 3 - 6	> 10 - 20
D	> 23 - 40	> 3.7 - 2.1	> 6 - 11	> 20 - 36
E	> 11 - 23	> 2.1 - 1.0	> 11 - 18	> 36 - 59
F	≤ 11	< 1	> 18	> 59

Fuente: (TRB, 2010)

Escaleras

Al igual que con los pasillos, la escalera el NDS se describe mediante la medida de servicio del espacio peatonal, expresada en pies cuadrados por peatón de la Tabla 21.

Tabla 21. *Criterios de nivel de servicio peatonal para escaleras*

Nivel de Servicio	Espacio		Flujo por unidad de ancho	
	(ft ² /peatón)	(m ² /peatón)	(peatón/min/ft)	(peatón/min/ft)
A	> 20	> 1.9	≤ 5	≤ 17
B	> 17 - 20	> 1.5- 1.9	> 5 - 6	> 17 - 20
C	> 12 - 17	> 1.1- 1.5	> 6 - 8	> 20 - 27
D	> 8 - 12	> 0.7- 1.1	> 8 - 11	> 27 - 37
E	> 5 - 8	> 0.4 - 0.7	> 11 - 15	> 37 - 50
F	≤ 5	≤ 0.4	> 15	> 50

Fuente: (TRB, 2010)

Paso 5: Calcular la relación volumen-capacidad

La relación de volumen a capacidad (v / c) se puede calcular utilizando los siguientes valores de capacidad para diversas instalaciones peatonales exclusivas: (TRB, 2010)

- Pasarelas con flujo aleatorio: 23 p / min / ft,
- Pasarelas con flujo de pelotón (promedio de más de 5 min): 18 p / min / ft,
- Escaleras (dirección hacia arriba): 15 p / min / ft en la dirección ascendente.

2.2.9 Encuestas origen destino para el estudio de la demanda

El fundamento de las encuestas origen destino estriba en el hecho comprobado de que los viajes realizados por un determinado grupo de personas se repiten con gran similitud día a



día. Las encuestas tratan de identificar la forma en que, durante un día típico, una muestra representativa de cierto grupo de personas realiza sus viajes cotidianos. (Valdes, 2008)

Para (Bocanegra, 2005) los estudios origen destino (O-D) son la base para la preparación de planes globales de transporte para un área determinada. Debido a que los planes integrales son a largo plazo y lentos en su implantación y ya que las obras de transporte deben construirse para muchos años de uso, la información O-D recopilada, debe proyectarse para proporcionar datos de las demandas futuras del transporte. El objetivo de un estudio de origen destino es conocer los hábitos de desplazamiento de los viajeros de una determinada línea, servicio o modalidad de transporte con especial énfasis en la parada y zona de origen y destino del desplazamiento.

2.2.9.1 Encuestas de movilidad peatonal

Estudiar y entender cada vez más al peatón y conocer los flujos peatonales, brindará a los planificadores y diseñadores criterios para crear, mantener y modificar la infraestructura en la cual el peatón se desenvuelva con comodidad y seguridad, logrando incentivar esta forma de movilidad, con el objetivo de balancear el uso de los medios de transporte, así ayudar a disminuir la demanda de los sistemas más recargados en este momento. Tener un conocimiento detallado de los peatones, de sus patrones de movilidad y de sus necesidades, permitirá reconstruir ciudades con mayor movilidad y funcionalidad, las cuales permitan al ciudadano elegir el medio de transporte más eficiente para la distancia recorrida. Esto podría permitir, una adecuada promoción los de medios de transporte no motorizados y el transporte público, en detrimento del uso del automóvil. (Medina, 2012).

Las encuestas utilizadas en la siguiente investigación, se enmarcan dentro de lo que son las encuestas de movilidad, que para (Orturzar, 2015) se define genéricamente a los estudios que tienen como fin obtener información que satisfaga los siguientes objetivos: Contar con un descripción de los parámetros de movilidad de una ciudad o región y posibilitar la estimación de modelos de demanda de transporte. En la figura se puede observar los diferentes tipos de desplazamientos que es posible captar con una encuesta de movilidad.

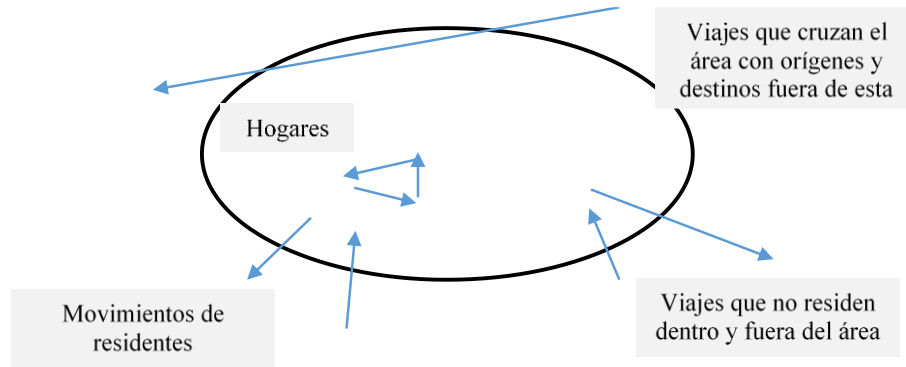


Figura 73. Alcances de la recolección de datos de una encuesta de movilidad

Fuente: (Orturzar, 2015)

2.2.9.2 Encuestas de origen destino de interceptación

Son encuestas breves, realizadas en un punto que intercepta desplazamientos de las personas. Las más comunes se llevan a cabo a la vera del camino, a bordo de vehículos de transporte público o en puntos de intercambio modal, a menudo se organizan en torno a cordones externos y líneas de pantalla. Por su naturaleza solo entregan información sobre un desplazamiento (el observado en el momento de la encuesta), constituyen la mejor fuente de información sobre viaje de personas que no residan el área de estudios. (Orturzar, 2015)

2.2.9.2.1 Muestreo

Con el fin de obtener la máxima información posible de la dinámica de viajes en el espacio urbano, se realiza una toma de datos que consiste normalmente, en una muestra de observaciones tomadas de una cierta población de interés. Estas observaciones se realizan sobre uno o más atributos de la población y permiten, después, realizar inferencias sobre el valor medio de estos atributos, a menudo llamados parámetros de la población, con el fin de obtener una decisión apropiada. (Orturzar, 2015)

Determinación del tamaño de la muestra: Para determinar el tamaño de la muestra se puede utilizar la siguiente expresión

$$n \geq \frac{p(1-p)}{\left(\frac{e}{Z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde:

n =numero de pasajeros por encuestar



p = Proporción de viajes con un destino determinado siendo $p=0.5$ el valor más conservador

e = nivel aceptable de error (expresado como proporción)

Z = Variable normal estándar para el nivel de confianza requerido

N = Tamaño de la población requerido en función de flujo horario presentados (Orturzar, 2015)

Expansión de la muestra: Los datos recopilados, revisados y validados que conforman la muestra sujetos a las técnicas de análisis estadístico, permiten generalizar el comportamiento de la población, para esto se aplican los denominados "factores de expansión", que no es más que convertir los datos de la muestra a estimaciones para el universo en estudio. Los factores de expansión pueden ser representados mediante la fórmula siguiente:

$$FE = \frac{N}{n}$$

Donde:

FE = factor de expansión;

N = Tamaño del universo;

n = Número total de elementos de la muestra. (Republica de Colombia , 1999)

2.2.9.3 Zonificación

Los datos que se recogen en una encuesta han de agruparse para su posterior análisis y una de las formas de hacerlo es, por razones geográficas, subdividir el área en estudio en zonas relativamente pequeñas. Teniendo en cuenta que el objetivo de un estudio de demanda es determinar o analizar un sistema de transporte en el que normalmente se entra o sale únicamente por determinados accesos, los datos correspondientes a los efectos de las posteriores asignaciones de tráfico o de viajes. En cualquier caso, las zonas son elementos esenciales del estudio y gran parte de los resultados están referidos a ellas (Valdes, 2008). Es conveniente que las zonas sean lo más homogéneas posible, para el análisis de los movimientos de vehículos conviene que los límites de zonas coincidan con barreras al tráfico, tales como ríos o ferrocarriles.



2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

2.3.2 Planteando una infraestructura multimodal tendremos un sistema de movilidad sostenible vehicular y peatonal en el barrio de San Blas.

2.3.3 Sub hipótesis

- 1) Modificando la geometría de las vías se tendrán mayores secciones transversales para el peatón.
- 2) Implementando dispositivos de control en las vías se tendrá mayores áreas peatonales señalizadas.
- 3) Conocidos los desplazamientos peatonales y vehiculares se generó una red de movilidad para el peatón, bicicleta, vehículos sostenibles y vehículos.
- 4) Se tendrá mejores niveles de servicio peatonal y vehicular en las vías con la modificación de la geometría de las vías.
- 5) Se tendrán mayores espacios públicos efectivos y disminuirá el consumo del espacio público de los vehículos en las vías en el barrio de San Blas

2.4 Definición de Variables

2.4.1 Variables Independientes

Infraestructura vial: La infraestructura vial se compone de un conjunto de elementos, cada uno de los cuales cumple una función específica, que tienen como propósito asegurar un tránsito confortable y seguro de los usuarios.

Los indicadores de Variables Independientes son:

- Sección transversal (m)
- Condición de dispositivo de control (%)
- Demoras y espacio (A,B,C,D,E,F)
- Consumo de espacio (m²)
- Espacio Público efectivo (m²/hab)
- Origen destino (%)
- Motivo (%)
- Uso de suelo (%)



- Volumen peatonal (ptn/h)
- Volumen vehicular (veh/h)
- Carpeta de rodadura (%)
- Distancias (km)
- Distribución (%)
- Geometría vial (m)
- Dispositivos de control (und)
- Nivel de servicio peatonal y vehicular (A,B,C,D,E,F)

2.4.2 Variables Dependientes

Sistemas de movilidad sostenible: Se entiende por un sistema de movilidad sostenible aquel que equilibra los modos de transporte y que permite a individuos y sociedades satisfacer sus necesidades de acceso a áreas de actividad con total seguridad de manera compatible con la salud de los seres humanos y los ecosistemas.

Los indicadores de variables dependientes son:

- Sección transversal (m)
- Área (m²)
- Red de movilidad (und)

2.4.3 Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 22. Operacionalización de variables-Variable dependiente

Variables	Descripción de la variable	Subvariables	Dimensión	Indicadores	Unidad	Escala	Instrumento metodológico	Equipos
Sistema de movilidad sostenible	Se entiende por un sistema de movilidad sostenible aquel que equilibra los modos de transporte y que permite a individuos y sociedades satisfacer sus necesidades de acceso a áreas de actividad con total seguridad de manera compatible con la salud de los seres humanos y los ecosistemas.	Sección transversal	Peatón	Área	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas
							Ficha de medición de características geométricas	
		Red de movilidad transversal	bicicleta	Área	m	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas
							Ficha de medición de características geométricas	
		Red de movilidad transversal	Vehículo sostenible	Área	m	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas
							Ficha de medición de características geométricas	
		Red de movilidad transversal	vehículo	Área	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas
							Ficha de medición de características geométricas	
		Red de movilidad transversal	vehículo	Área	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas
							Ficha de medición de características geométricas	
Red de movilidad transversal	vehículo	Área	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas		
					Ficha de medición de características geométricas			
Red de movilidad transversal	vehículo	Área	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas		
					Ficha de medición de características geométricas			
Red de movilidad transversal	vehículo	Área	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas		
					Ficha de medición de características geométricas			

Tabla 23 Operacionalización de variables-Variable independiente

Variables	Descripción de la variable	Subvariables	Dimensión	Indicadores	Unidad	Escala	Instrumento metodológico	Equipos
Infraestructura vial	La infraestructura vial se compone de un conjunto de elementos, cada uno de los cuales cumple una función específica, que tienen como propósito asegurar un tránsito confortable y seguro de los usuarios.	Vías	Geometría	Sección transversal	m	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas
			Dispositivos de control	Condición de dispositivo de control	%	Razón	Fichas de inventario de dispositivos de control	Filmadora y cámaras fotográficas
		Espacio público	Nivel de servicio peatonal y vehicular	Demoras y espacio	A,B,C,D,E,F	Ordinal	Fichas de aforo y de medición de características geométricas	Winchas, cámara digital y estación total
			Espacio vehicular	Consumo de espacio	m ²	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Winchas, cámara digital y estación total
				Espacio público	Público efectivo	m ² /hab	Razón	
		Desplazamientos peatonales y vehiculares	Origen destino	Origen destino	%	Razón	Encuesta origen destino	-
				Motivo	%	Razón	Encuesta origen destino	-
				Uso de suelo	%	Razón	Ficha de usos de suelos	-
		Carpeta de rodadura	Distancias	Volumen peatonal	ptn/h	Razón	Fichas de aforo	Filmadora y cámaras fotográficas
				Volumen vehicular	veh/h	Razón	Fichas de aforo	
Carpeta de rodadura	%			Razón	Fichas de inventario de carpeta de rodadura			
Distancias	km			Razón	Fichas de desplazamiento			
Distribución	%			Razón	Fichas de desplazamiento			
Infraestructura multimodal	Geometría vial	Geometría vial	m	Razón	Ficha de medición de características geométricas	Estación total, primas y cintas métricas		
		Dispositivos de control	und	Razón	Fichas de inventario de dispositivos de control	Filmadora y cámaras fotográficas		



CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la Investigación

3.1.1 Enfoque de la Investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo. Debido a que las mediciones a realizar con respecto a las variables generaran datos numéricos. Siendo estas; capacidad vial, diseño geométrico y nivel de servicio peatonal y se aplicará la lógica deductiva.

Siendo las definiciones:

“El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se realizará la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

3.1.2 Nivel o Alcance de la Investigación

La presente investigación tendrá un nivel de investigación descriptivo, pues se recolectará información de la infraestructura vial y del sistema de movilidad del barrio de San Blas estas serán medidas y analizadas y se tendrá una descripción de dicha variable. Siendo las definiciones:

“La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.” (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

3.1.3 Método de Investigación

Este método se aplicará, porque se plantean hipótesis una general y cuatro específicas, a partir de los problemas del sistema de movilidad en el barrio de San Blas; las cuales serán comprobadas a lo largo de la investigación. El método que se utilizará será el hipotético deductivo.

El método hipotético-deductivo el cual lo empleamos corrientemente tanto en la vida ordinaria como en la investigación científica. Es el camino lógico para buscar la solución a los problemas que nos planteamos. Consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar los datos disponibles si estos están de acuerdo con aquellas. (Cegarra Sanchez, 2004)



3.2 Diseño de la Investigación

3.2.1 Diseño Metodológico

Debido a que se observa el fenómeno bajo condiciones reales, el diseño de la investigación será de tipo no experimental. La investigación no experimental es cuando los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

La investigación es también transversal, es decir se recolecta la información en un tiempo determinado y se describe la infraestructura vial y el sistema de movilidad en ese periodo de estudio. Los diseños de investigación transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

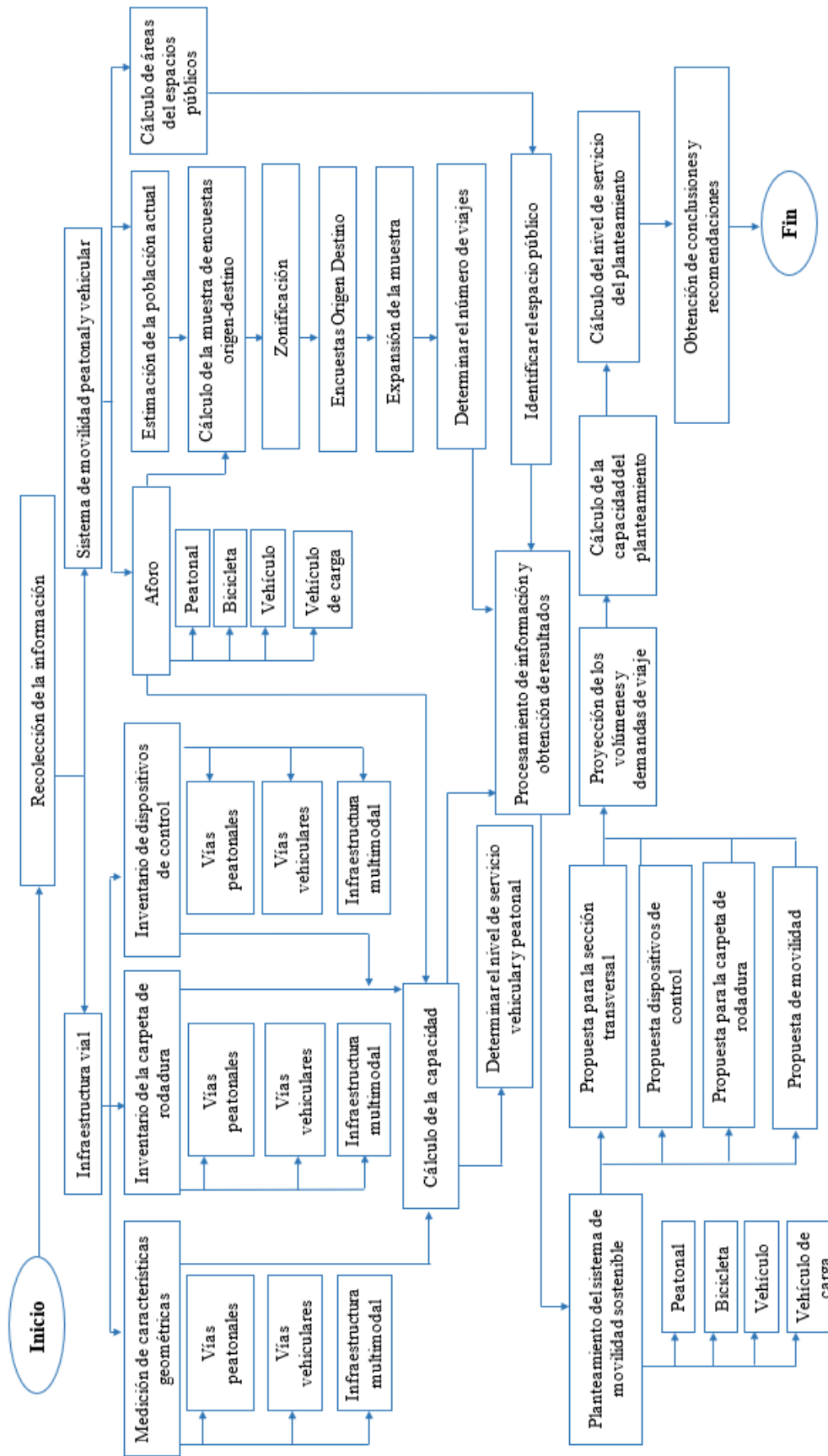


Figura 74. Diagrama de flujo del diseño metodológico de la investigación

Fuente: Elaboración propia



3.2.2 Diseño de Ingeniería

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la Población

La población de la investigación del barrio de San Blas, son las vías vehiculares, peatonales y multimodales donde se encuentran los dispositivos de control y características geométricas, como también los peatones, ciclista, vehículos y vehículos de carga, del sistema de movilidad en el área de estudio.

3.3.1.2 Cuantificación de la Población

El universo de la investigación son los peatones, ciclista, vehículos y vehículos de carga del sistema de movilidad del área de estudio. También toda la infraestructura vial del área de estudio. Estas vendrían a ser las siguientes:

- Calle Canchipata
- Calle Atoqsaycuchi
- Calle Tandapata.
- Calle 7 Angelitos.
- Calle Carmen Alto.
- Calle Carmen Bajo.
- Calle Plazoleta.
- Calle Cuesta San Blas.
- Intersección Calle Choquechaca - Calle Cuesta San Blas.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la Muestra

Los peatones, ciclistas, vehículos y vehículos de carga, como también la infraestructura vial que incluye el diseño geométrico y los dispositivos de control, durante el periodo de estudio establecido.

3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra

Los peatones, ciclistas, vehículos y vehículos de carga, como también la infraestructura vial en el periodo de una hora y un día específico tras ser determinados con conteos vehiculares y peatonales de las cámaras de seguridad brindados por la junta vecinal del barrio de San Blas, determinando la hora de 9:00 am a 10:00 am en la mañana y por la tarde de 6:30 pm a 7:30 pm los días jueves y sábado para tener un resultado más exacto de la mayor demanda.

3.3.2.3 Método de Muestreo

La investigación utilizo métodos no probabilísticos, para el cálculo de la capacidad y determinación del nivel de servicio en las vías del área de estudio, para este se basa en el juicio del responsable de la investigación. No se basa en ninguna teoría de la probabilidad y por lo tanto la recolección de datos se dará a través de instrumentos predeterminados y datos numéricos. Estas suponen un procedimiento de selección informal y poco arbitraria, de la cual se realizan las inferencias sobre la población. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Además, se utilizó el método probabilístico para la determinación de la demanda de viajes, donde todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014). La fórmula utilizada fue la indicada por (Orturzar, 2015), para el tamaño de la muestra en estudios de tránsito, que es la siguiente:

$$n \geq \frac{p(1-p)}{\left(\frac{e}{Z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde:

n =número de pasajeros por encuestar.

p = Proporción de viajes con un destino determinado siendo $p=0.5$ el valor más conservador.

e = nivel aceptable de error (expresado como proporción).

Z =Variable normal estándar para el nivel de confianza requerido.

N = Tamaño de la población requerido en función de flujo horario presentados.



3.3.2.4 Criterios de Evaluación de Muestra

Mediante fichas de aforos vehiculares y peatonales, obtenidas en el día de máxima demanda, se realiza el cálculo de capacidad y nivel de servicio, estos se realizaron en las vías principales del área de estudio. Se determina la demanda de viajes, mediante encuestas de movilidad origen destino y fichas de aforo realizados durante 16 horas, para un día particular y un día de fin de semana.

A si mismo mediante fichas de inventario y medición de elementos geométrico, fichas de inventario de la carpeta de rodadura y fichas de inventario de los dispositivos de control, se calculó la capacidad en las vías vehiculares y peatonales del área de estudio.

3.3.3 Criterios de Inclusión

El área de estudio se encuentra delimitada por las calles Tandapata, Kiskapata, Pumapaccha, Chihuampata y Choquechaca. El área de influencia se encuentra delimitada por Circunvalación, calle choquechaca, Chihuanpata, Pumapaccha y parte de la calle Lucrepata con la calle Hatun Rumiyoq.

La recolección de la información se realizó en el mes de octubre y noviembre del año 2018. Para la recolección de encuestas de movilidad origen destino, solo se consideró al modo peatonal, por ser este el preponderante en el sistema de movilidad del área de estudio, se obtuvieron datos durante el lapso de 16 horas de un día particular y un día de fin de semana. Así también se realizó un levantamiento topográfico para la medición de los elementos geométrico en la infraestructura vial.

Por otra parte, los peatones son considerados para la investigación, como las personas que se desplazan en las vías peatonales y vehiculares del área de estudio, estos incluyen a los habitantes, personas de paso, turistas, empleados, etc. Además, la recolección de aforos peatonales diferencia entre peatones vulnerables y no vulnerables.



3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos Metodológicos o instrumentos de recolección de datos

3.4.1.1 Fichas de aforo peatonal

La ficha de la Tabla 24 registra el aforo de peatones clasificados como vulnerables y no vulnerables, nos permite determinar el número de personas que transitan en un periodo determinado.

Tabla 24. Formato de la ficha de aforo peatonal

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS: PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL							
Tesisistas:		Ubicación:			Croquis:		
Responsable:		Fecha:					
Intersección:		Hora de inicio:					
Sentido:		Hora de fin:					
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1) 		Peatón no Vulnerable 		Total		Total
	SENTIDO A ↑	SENTIDO B ↓	SENTIDO A ↑	SENTIDO B ↓	↑ A	B ↓	
Total							









Nota: (1) Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2 Ficha de aforo vehicular

La ficha de la Tabla 25 registra el aforo de vehículos debidamente clasificados, nos permiten determinar el número de vehículos que transitan en un periodo determinado.

Tabla 25. Formato de la ficha de aforo vehicular



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS" FICHA N° 2: FICHA DE AFORO VEHICULAR							
Tesistas:			Ubicación:		Croquis:		
Responsable:			Fecha:				
Intersección			Hora de inicio:				
Sentido:			Hora de fin:				
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTO	CAMIONETAS		CAMIÓN (C2)	TOTAL
				PICK UP	RURAL		
DIAGRA. VEH.							
TOTAL							

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3 Fichas de desplazamiento vehicular



La ficha de la registra el aforo de vehículos debidamente clasificados, nos permiten determinar el número de vehículos que transitan en un periodo determinado

Tabla 27. *Formato de ficha de medición de características geométricas en intersecciones*

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"					
FICHA N° 3: FICHA DE MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS-INTERSECCIÓN					
Tesista:					
Ubicación:					
Zona:			Fecha:		
Elemento:					Vista en planta
Tipo					
Uso de la vía:					
Acceso					
Calle					
Numero de carriles:					
Pendiente (%):					
Características Carril					
Ancho (m)					
Características Veredas					
Lado	Ancho (m)	Ancho (m)	Ancho (m)	Ancho (m)	
Derecho					
Izquierdo					
Sección transversal					

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 28. Formato de ficha de medición de características geométricas en calles

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 																																														
TE SIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"																																														
FICHA N° 4: FICHA DE MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS-CALLE																																														
Tesistas:																																														
Ubicación:																																														
Zona:	Fecha:																																													
Vista en planta																																														
Empty space for the plan view drawing																																														
Sección transversal	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Elemento:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td> Uso de la vía:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Sentido:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancho de intersección (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de carriles:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pendiente (%):</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Características Carril</td> </tr> <tr> <td>Ancho (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Características Veredas</td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancho (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Características Bordillo</td> </tr> <tr> <td>Ancho (m):</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Elemento:			Uso de la vía:			Sentido:			Longitud (m)			Ancho de intersección (m)			Numero de carriles:			Pendiente (%):			Características Carril			Ancho (m)			Características Veredas			Longitud (m)			Ancho (m)			Características Bordillo			Ancho (m):			Longitud (m)		
Elemento:																																														
Uso de la vía:																																														
Sentido:																																														
Longitud (m)																																														
Ancho de intersección (m)																																														
Numero de carriles:																																														
Pendiente (%):																																														
Características Carril																																														
Ancho (m)																																														
Características Veredas																																														
Longitud (m)																																														
Ancho (m)																																														
Características Bordillo																																														
Ancho (m):																																														
Longitud (m)																																														

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.5 Fichas de inventario de la carpeta de rodadura

Las fichas de la Tabla 29 de inventario de carpeta de rodadura nos permiten describir las condiciones y características de estas en las vías de estudio. Están basadas en el Manual Inventarios Viales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el cual nos da parámetros para la calificación de la condición física y del tipo de superficie.

Tabla 29. Formato de ficha de inventario de la carpeta de rodadura


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
<p>TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"</p>					
<p>FICHA N° 5: FICHA DE INVENTARIO DE LA CARPETA DE RODADURA</p>					
<p>Tesistas:</p>					
<p>Ubicación:</p>					
<p>Fecha:</p>					
A. Ubicación	B. Tipo de vía:	C. Tipo de superficie de rodadura	D. Condición de la superficie de rodadura	E. Registro fotográfico	
<p>A. Calle en la cual esta ubicada la carpeta de rodadura</p>					
<p>B. El tipo de uso de la vía, sea esta peatonal o vehicular u ambos</p>					
C. Tipo de superficie de rodadura		Empedrado	EMPE		
		Adoquines	ADOQ		
D. Condición de la superficie de rodadura		Buena	B		
		Regular	R		
		Mala	M		

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.6 Ficha de inventario de las señales horizontales

Para las fichas de la Tabla 30 de inventario de las señales horizontales, se usó como base el procedimiento del Manual de Inventarios Viales del MTC.

Tabla 30. Formato de ficha de inventario de señales horizontales

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
TESIS: 'PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS' FICHA N° 6: FICHA INVENTARIO DE LAS SEÑALES HORIZONTALES						
Tesistas: Ubicación: Fecha:						
A. Ubicación	B.Lado	C. Uso	D.Tipo de señal	E.Material	F.Condición	Registro fotográfico
A. Calle donde se ubica la señal horizontal			E.Material	Acero		
B. Derecho o Izquierdo				Concreto		
C. Peatonal o Vehicular				Plástico		
D.Tipo de señal	Marcas		Buena	B		
	Seguridad		Regular	R		
	Tachas		Mala	B		

Fuente: Elaboración propia

Para describir las condiciones de las señales horizontales se usaron las consideraciones de la Tabla 31:

Tabla 31. Condiciones de la señalización horizontal


Tipo de señalización	Estado	Código	Descripción
Marcas	Buena	B	No tiene problema
	Regular	R	Dañado, pero se puede leer/ ausente en menos del 30% de longitud
	Mala	M	Apenas se puede ver/ausente en más del 30% de longitud
Seguridad	Buena	B	No tiene problema
	Regular	R	Dañado/ausente en menos 30% longitud
	Mala	M	Muy dañado/ausente en más 30% longitud

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

3.4.1.7 Ficha de inventario de las señales verticales

Para las fichas de la Tabla 32 de inventario de las señales verticales, se usó como base el procedimiento del Manual de Inventarios Viales del MTC.

Tabla 32. Formato de ficha de inventario de señales verticales

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"						
FICHA N° 7: FICHA INVENTARIO DE LAS SEÑALES VERTICALES						
Tesistas:						
Ubicación:						
Fecha:						
A. Ubicación	B. Lado	C. Uso	D. Tipo de señal	E. Material	F. Condición	G. Registro fotográfico
A. Calle donde se ubica la señal vertical			E. Material	Fibra de vidrio		
B. Derecho o Izquierdo				Acero		
C. Peatonal o Vehicular				Concreto		
D. Tipo de señal	Reglamento		F. Condicion	Otro		
	Preventivo			Buena	B	
	Informativo			Regular	R	
	Semáforo			Mala	B	

Fuente: Elaboración propia

Para describir las condiciones de las señales horizontales se usaron las consideraciones de la Tabla 33:

Tabla 33. *Condiciones de la señalización vertical*

Estado	Código	Descripción
Buena	B	No tiene problema
Regular	R	Dañado, pero se puede leer
Mala	M	No se puede leer o ausente

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

3.4.1.8 Ficha de uso de suelos

Los criterios para el llenado de la ficha de uso de suelos de la Tabla 34, tuvieron como base teórica los criterios, conceptos y parámetros del Plan de Desarrollo Urbano Cusco al 2023, del Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco y del Reglamento Nacional de Edificaciones. Las cuales fueron adaptados a las condiciones del área de estudio.

- 1) Comercio: Se encuentra dentro de la clasificación de zona comercial, que son áreas urbanas destinadas predominantemente a la ubicación y funcionamiento de establecimientos de compra y venta de productos y servicios. (Municipalidad provincial del Cusco, 2013). Para la investigación se distinguió en los siguientes tipos de edificación de uso comercial:

C1: Tiendas Comerciales: Edificación independizada, de uno o más niveles, que puede o no formar parte de otra edificación, orientada a la comercialización de bienes y servicios. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

C2: Restaurantes: Comprende los restaurantes, cafeterías y bares, que son edificaciones destinadas a la comercialización de comida preparada, comida de baja complejidad de elaboración y de bebida y aquellas destinadas a la comercialización de bebidas alcohólicas y complementos para su consumo dentro del local respectivamente. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

C3: Agencias de viajes y turismo: Establecimientos para prestar servicios de organización, mediación, coordinación promoción, asesoría y venta de servicios turísticos. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2016)

C4: Hospedaje: Se definen como establecimientos que prestan servicio y atención temporal de alojamiento a personas en condiciones de habitabilidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)



C5: Mercado: Establecimiento con tiendas o puestos de venta donde se comercia, en especial con alimentos y otros productos de primera necesidad. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

- 2) Residencial: Áreas urbanas destinadas predominantemente al uso de vivienda. (Municipalidad provincial del Cusco, 2013). Constituyen edificaciones para fines de vivienda aquella que tienen como uso principal o exclusivo la residencia de las familias, satisfaciendo sus necesidades habitacionales y funcionales de manera adecuada. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)
- 3) Zona de Recreación: Son áreas que se encuentran ubicadas en zonas urbanas o de expansión urbana destinadas fundamentalmente a la realización de actividades recreativas activas y/o pasivas, tales como plazas, parques, campos deportivos, juegos infantiles y similares. (Municipalidad del Cusco, 2018).
- 4) Entidades Educativas: Pertenecen a las zonas de servicios públicos complementarios, son áreas urbanas destinadas a la habilitación y funcionamiento de instalaciones destinadas a educación. (Municipalidad provincial del Cusco, 2013).
- 5) Dependencia Administrativa: Son áreas urbanas destinadas fundamentalmente a la habilitación y funcionamiento de instalaciones de usos especiales no clasificados y de uso especializado. (Municipalidad provincial del Cusco, 2013).
- 6) Iglesia: Pertenece a la clasificación de usos especiales, que constituyen áreas destinadas al equipamiento urbano especializado de la ciudad, en el caso sería establecimientos religiosos. (Municipalidad provincial del Cusco, 2013).
- 7) Garaje: Es un espacio público o privado en el que se guardan vehículos.



Columna B: Hace referencia al sentido que sigue el peatón ya sea entrada o salida, en el punto de acceso de la interceptación.

Columna C: Los motivos de viaje fueron adaptados siguiendo los criterios y conceptos que se dan en el Manual para Estudios de Origen y Destino de Transporte de Pasajero y Mixto en Áreas Municipales y Metropolitanas del Ministerio de Transportes de Colombia. Nos da pautas de motivos típicos de viajes y de su registro en las encuestas, para un mejor manejo de la información.

Columna D, E, H y F: Se siguió y complemento los criterios de caracterización del usuario, del informe de Diseño y Elaboración de Encuestas Locales de Movilidad Sostenible de la Red española de Ciudades por el Clima, en lo referente a ocupación, edad y género. Que tienen como finalidad conocer a la persona que en ese momento se está encuestando, para comprender mejor sus preferencias y necesidades, así como su comportamiento actual y futuro.

Tabla 35. Formato de encuesta origen destino

<div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>																
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS" FICHA N° 9: ENCUESTA ORIGEN DESTINO																
Tesistas: Ubicación: Fecha: Hora de inicio: Hora de fin:							Croquis:									
N°	A. Origen	A. Destino	B. Sentido	C. Motivo	D. Ocupación	E. Procedencia	G. Edad	H. Genero	I. Identificación							
A. Origen y Destino	Zona 1	1	Zona 2	2	Zona 3	3	Zona 4	4	Zona 5	5	Zona 6	6	Zona 7	7	Zona 8	8
	Zona 9	9	Centro Histórico	10	Wincha	11	San Sebastián	12	Cusco sin CH	13	San Jerónimo	14	Santiago	15	Otros	16
B. Sentido	Entrada	A	Salida	B												
C. Motivos de viajes	Trabajo	1	Estudio	2	Compras	3	Salud	4	Restaurantes	5	Recreación	6	Hogar	7	Turismo	8
	Hoteles	9	Otro	10												
D. Ocupación	Hogar	1	Turista	2	Empleado	3	Desempleado	4	Estudiante	5	Profesional independiente	6	Independiente	7	Otros	8
E. Procedencia	Extranjero	1	Nacional	2	Ciudadano cusqueño	3										
G. Edad	Ñños - 11 años	1	12 años - 17 años	2	18 años - 25 años	3	26 años - 40 años	4	41 años -60 años	5	60 años a mas	6				
H. Genero	Masculino	M	Femenino	F												

Fuente: *Elaboración propia*


3.4.1.10 Encuesta de viviendas colectivas

Las encuestas en viviendas colectivas de la Tabla 36 y de la

Tabla 37 se elaboraron en base a los conceptos del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), para viviendas colectivas. Para el (Instituto Nacional de Estadística e Informatica, 2006), las viviendas colectivas son aquellas destinadas para ser habitadas por personas usualmente sin vínculos familiares, sujetos a normas administrativas y que hacen vida común por razones de estudio, salud, religión, trabajo, turismo, entre otras. Las encuestas nos proporcionaran información relativa a las personas que residen en ellas.

- Para la encuesta de viviendas colectivas, se utilizó conceptos del Glosario de Términos Estadísticos del INEI. Considerando los criterios de residencia de viviendas colectivas y las condiciones para el número de personas que la conforman.
- En la encuesta para hospedajes se utilizó conceptos y consideraciones, del documento de Terminología para las Estadísticas del Turismo del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. En el cual se desarrollan conceptos sobre plazas cama, porcentaje de ocupación de camas y el número de personal ocupado, que sirven para producir información del comportamiento de oferta y demanda, para la actividad de alojamiento temporal.

Tabla 36. *Formato de encuesta de viviendas colectivas*

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"		
FICHA N° 10: ENCUESTA DE VIVIENDAS COLECTIVAS		
Tesistas: Ubicación: Fecha:		
N°	Nombre	Numero de personas en vivienda colectiva
A. Nombre de la vivienda colectiva B. Numero de personas que residen habitualmente en la vivienda?		

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 37. *Formato de encuesta de viviendas colectivas en hospedajes*

3.4.2 Instrumentos de Ingeniería

- AutoCAD 2016
- Google Earth
- Cámara firmadora
- Laptop personal
- Estación total
- Wincha
- Trípode
- Prisma
- Cuaderno de apuntes
- Porta prisma
- GPS
- ArgGis 2014



Figura 75. AutoCAD 2016 y Google Earth



Figura 76. AutoCAD 2016 y Google Earth



Figura 77. Cámara filmadora



Figura 78. Laptop personal



Figura 79. Trípode



Figura 80. Prisma



Figura 81. Cuaderno de apuntes



Figura 82. Cinta métrica



Figura 83. Porta primas



Figura 84. Estación total



Figura 85. GPS Navegador



Figura 86. ArcGis 2014

3.5 Procedimiento de Recolección de Datos

3.5.1 Aforo peatonal

a) Equipos Utilizados

Cámaras fotográficas

b) Procedimiento

- Primero, se recabaron las grabaciones de las cámaras de seguridad mostradas en la *Figura 87*, de la Junta de Vecinos para la Defensa de los Intereses de la Parroquia de San Blas, de los días lunes 08, jueves 11 y sábado 13 de octubre del 2018.



Figura 87. Captura de las grabaciones de las cámaras de seguridad de San Blas

Fuente: Captura propia

- Con los videos brindados, se realizó el conteo peatonal preliminar, en el acceso de la Calle Cuesta San Blas, durante 16 horas de 6:00 a las 22:00 horas, para definir un día y un horario representativo para llevar a cabo el conteo definitivo. El cual queda resumido en la Tabla 39, para los días de semana y un día de fin de semana, por otro lado, en la *Figura 88*, se observa el volumen peatonal por hora para los días de semana analizados.

Tabla 39. Resumen del volumen peatonal durante 16 horas

Horas de control	Volumen observado lunes	Volumen observado jueves	Volumen observado sábado
06:00 -7:00	65	72	100
07:00 -8:00	216	190	204
08:00 -9:00	305	230	277
09:00 -10:00	413	313	405
10:00 -11:00	599	414	556
11:00 -12:00	720	663	617
12:00 -13:00	647	458	598
13:00 -14:00	455	499	525
14:00 -15:00	406	591	558
15:00 -16:00	417	552	561
16:00 -17:00	565	525	543
17:00 -18:00	671	698	723
18:00 -19:00	661	781	799
19:00 -20:00	627	649	669
20:00 -21:00	503	537	571
21:00 -22:00	329	469	487
Total	7599	7641	8193

Fuente: Elaboración propia

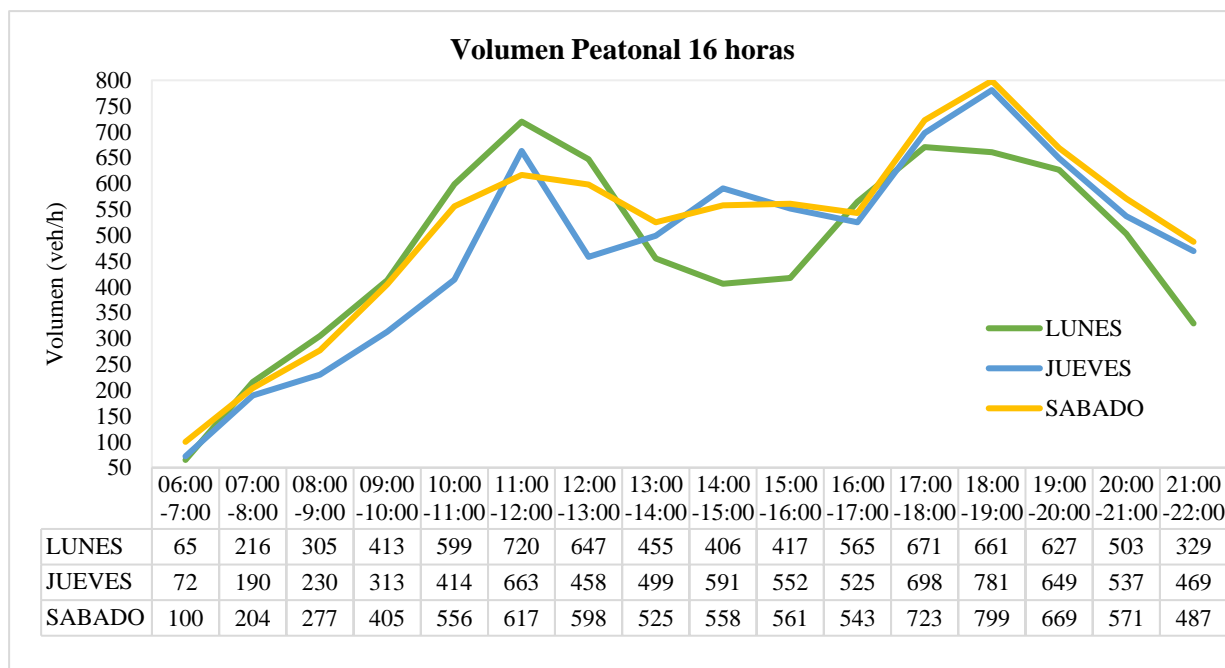


Figura 88. Volumen peatonal de 16 horas, durante dos días típicos y un día atípico

Fuente: Elaboración propia

- Luego se procede a seleccionar el día y la hora de mayor volumen peatonal, para realizar el conteo definitivo. La Figura 89, nos permite identificar que el día de mayor volumen fue un día sábado, luego de la Figura 90 se deduce que para el día sábado el periodo de análisis será entre las 17:30 a 19:30 horas.

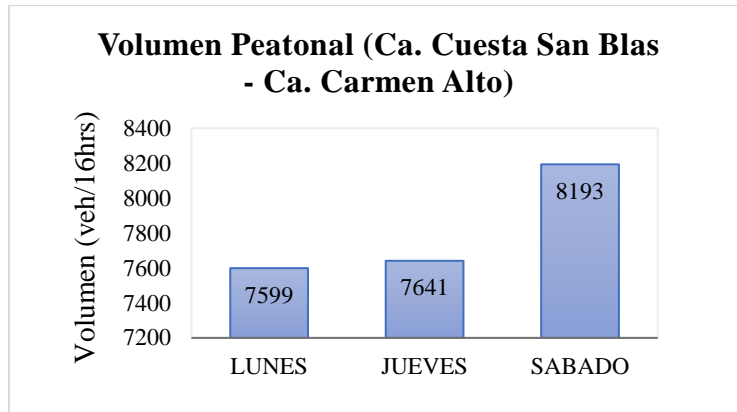


Figura 89. Diagrama de barras de los volúmenes peatonales
Fuente: Elaboración propia

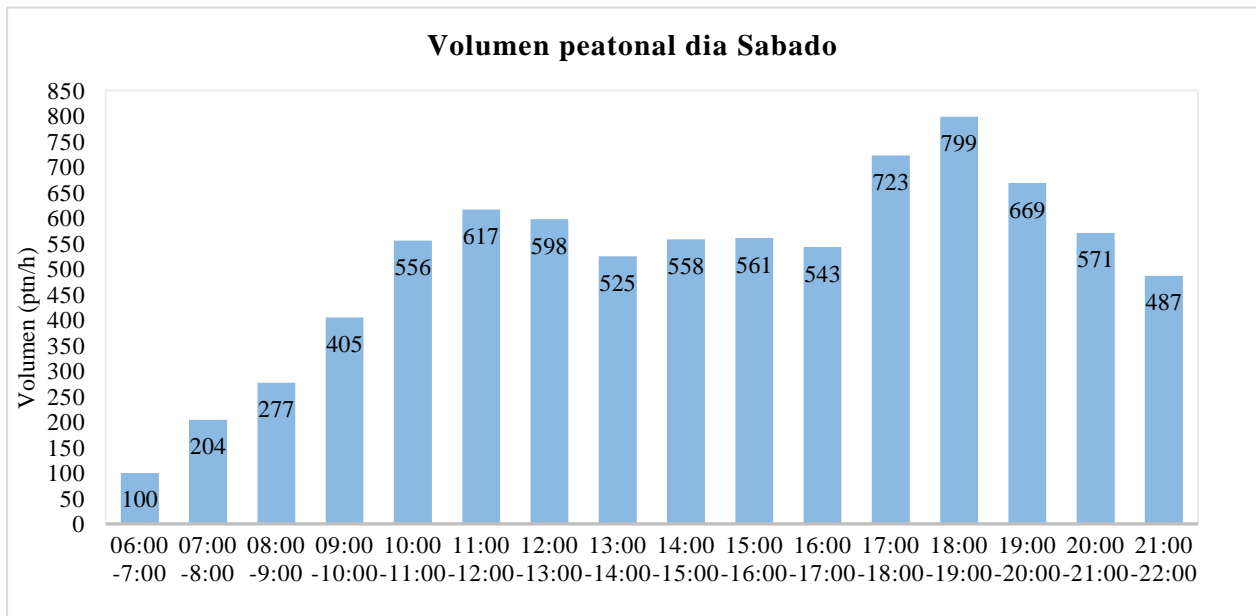


Figura 90. Diagrama de barras del día de mayor volumen peatonal.
Fuente: Elaboración propia

- Se realizó un reconocimiento del área y se determinaron los puntos de aforo peatonal, en las principales vías del barrio de San Blas, donde se genera mayor afluencia de personas. Se establecieron 8 puntos de control para el conteo de peatones, estos se observan en la Figura 91:

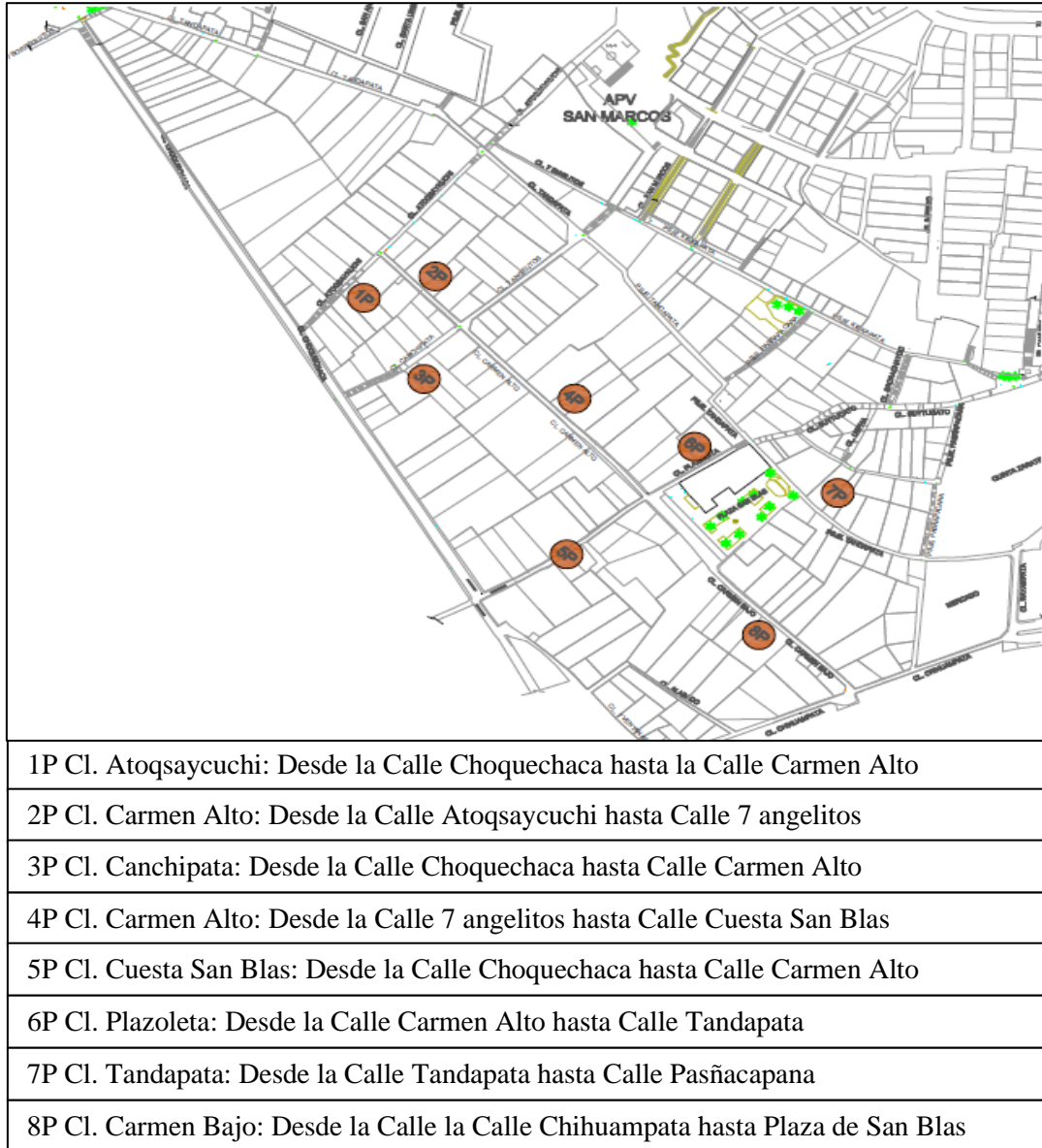


Figura 91. Mapa de ubicación de los aforos peatonales definitivos

Fuente: Elaboración propia

- Los aforos definitivos se realizaron el sábado 10 de noviembre del 2018. Estos se llevaron a cabo de 8:00 a 10:00 y de las 17:30 a 19:30 horas, el horario de la mañana se tomó debido a que el conteo vehicular tiene como horas pico dichas horas y nos permite tener un mejor análisis de ambos comportamientos, tanto peatonal como vehicular.
- El método utilizado fue el método manual, realizado por personas en el campo y supervisado por los investigadores, luego de registrados los datos en las fichas mostradas en la Tabla 24 de aforo peatonal, se procedió a su recolección, en los distintos puntos de conteo.



- Luego en gabinete se recopiló la información, los volúmenes hallados en campo, servirán para determinar el volumen horario de máxima demanda y las tasas de flujo, que son utilizadas para el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio.
- Los aforos peatonales del punto de control 1, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 40 y en la Tabla 41.
- Los aforos peatonales del punto de control 2, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la
-
- Tabla 42 y en la Tabla 43.
- Los aforos peatonales del punto de control 3, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 44 y en la Tabla 45.
- Los aforos peatonales del punto de control 4, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 46 y en la Tabla 47.
- Los aforos peatonales del punto de control 5, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 48 y en la Tabla 49.
- Los aforos peatonales del punto de control 6, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 50 y en la Tabla 51.
- Los aforos peatonales del punto de control 7, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 52 y en la Tabla 53.
- Los aforos peatonales del punto de control 8, para las horas de la mañana y de la tarde se muestran en la Tabla 54 y en la Tabla 55.

Tabla 40. Aforo peatonal Calle Atoqsaycuchi mañana

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"							
FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL-MAÑANA				Croquis:			
Tesistas:	Alcazar Rosales Liseth Fabiola Vallenas Colpaert Hussein Fabricio		Ubicación:	San Blas-Cusco			
Responsable:			Fecha:	10/11/2018			
Zona:	Punto 1: Cl. Atoqsaycuchi		Hora de inicio:	8:00			
Sentido:	A-B		Hora de fin:	10:00			
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1)		Peatón no Vulnerable		Total		Total
	SENTIDO	SENTIDO	SENTIDO	SENTIDO	A ↑	B ↓	
	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓			
08:00 - 8:15		5	7	13	7	18	25
08:15 - 8:30		6	1	23	1	29	30
08:30 - 8:45		5	5	18	5	23	28
08:45 - 09:00	1	3	3	20	4	23	27
09:00 - 09:15		3	2	14	2	17	19
09:15 - 09:30		0	10	13	10	13	23
09:30 - 09:45		4	5	21	5	25	30
09:45 - 10:00		5	5	18	5	23	28
Total	1	31	38	140	39	171	210

Nota: (1)Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Aforo peatonal Calle Atoqsaycuchi tarde

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"							
FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL-TARDE				Croquis:			
Tesistas:	Alcazar Rosales Liseth Fabiola Vallenas Colpaert Hussein Fabricio		Ubicación:	San Blas-Cusco			
Responsable:			Fecha:	10/11/2018			
Zona:	Punto 1: Cl. Atoqsaycuchi		Hora de inicio:	17:30			
Sentido:	A-B		Hora de fin:	19:30			
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1)		Peatón no Vulnerable		Total		Total
	SENTIDO	SENTIDO	SENTIDO	SENTIDO	A ↑	B ↓	
	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓			
17:30 - 17:45	3		11	14	14	14	28
17:45 - 18:00	1	1	9	18	10	19	29
18:00 - 18:15		4	12	21	12	25	37
18:15 - 18:30			6	19	6	19	25
18:30 - 18:45		1	10	10	10	11	21
18:45 - 19:00		5	2	15	2	20	22
19:00 - 19:15	2	2	15	19	17	21	38
19:15 - 19:30	2		2	32	4	32	36
Total	8	13	67	148	75	161	236

Nota: (1)Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Aforo peatonal Calle Carmen Alto mañana

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"							
FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL-MAÑANA							
Tesistas:	Alcazar Rosales Liseth Fabiola Vallenos Colpaert Hussein Fabricio		Ubicación:	San Blas-Cusco			
Responsable:			Fecha:	10/11/2018			
Zona:	Punto 2: Cl. Carmen Alto		Hora de inicio:	8:00			
Sentido:	A-B		Hora de fin:	10:00			
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1)		Peatón no Vulnerable		Total		Total
	SENTIDO		SENTIDO		SENTIDO		
	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	
08:00 -8:15		1	5	3	5	4	9
08:15 -8:30	1	1	5	2	6	3	9
08:30 -8:45		1	7	6	7	7	14
08:45 -09:00	1	4	7	4	8	8	16
09:00 -09:15	3	4	9	2	12	6	18
09:15 -09:30	2	1	2	7	4	8	12
09:30 -09:45	4		11	10	15	10	25
09:45 -10:00	2	5	9	7	11	12	23
Total	13	17	55	41	68	58	126

Nota: (1)Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Aforo peatonal Calle Carmen Alto tarde

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"							
FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL-TARDE							
Tesistas:	Alcazar Rosales Liseth Fabiola Vallenos Colpaert Hussein Fabricio		Ubicación:	San Blas-Cusco			
Responsable:			Fecha:	10/11/2018			
Zona:	Punto 2: Cl. Carmen Alto		Hora de inicio:	17:30			
Sentido:	A-B		Hora de fin:	19:30			
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1)		Peatón no Vulnerable		Total		Total
	SENTIDO		SENTIDO		SENTIDO		
	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	
17:30 -17:45	1	1	15	10	16	11	27
17:45 -18:00	5	2	37	13	42	15	57
18:00 -18:15	1		18	11	19	11	30
18:15 -18:30	1		37	20	38	20	58
18:30 -18:45	5	5	15	20	20	25	45
18:45 -19:00	1	2	14	8	15	10	25
19:00 -19:15	1		14	15	15	15	30
19:15 -19:30		1	25	11	25	12	37
Total	15	11	175	108	190	119	309

Nota: (1)Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Aforo peatonal Calle Canchipata mañana

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"							
FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL-MAÑANA						Croquis:	
Tesistas:	Alcazar Rosales Liseth Fabiola Valenas Colpaert Hussein Fabricio		Ubicación:	San Blas- Cusco			
Responsable:			Fecha:	10/11/2018			
Zona:	Punto 3: Cl. Canchipata		Hora de inicio:	8:00			
Sentido:	A-B		Hora de fin:	10:00			
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1)		Peatón no Vulnerable		Total		Total
	SENTIDO		SENTIDO		SENTIDO		
	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	
08:00 -8:15	4	1	10	3	14	4	18
08:15 -8:30	5		11	9	16	9	25
08:30 -8:45	6		19	2	25	2	27
08:45 -09:00	5	3	14	15	19	18	37
09:00 -09:15	2		2	15	4	15	19
09:15 -09:30	2	7	3	26	5	33	38
09:30 -09:45		2	8	11	8	13	21
09:45 -10:00	1	1	3	4	4	5	9
Total	25	14	70	85	95	99	194

Nota: (1)Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Aforo peatonal Calle Canchipata tarde

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS: "PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE MOVILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL SOSTENIBLE EN EL BARRIO DE SAN BLAS"							
FICHA N° 1: FICHA DE AFORO PEATONAL-TARDE						Croquis:	
Tesistas:	Alcazar Rosales Liseth Fabiola Valenas Colpaert Hussein Fabricio		Ubicación:	San Blas- Cusco			
Responsable:			Fecha:	10/11/2018			
Zona:	Punto 3: Cl. Canchipata		Hora de inicio:	17:30			
Sentido:	A-B		Hora de fin:	19:30			
HORAS DE CONTROL	Peatón Vulnerable (1)		Peatón no Vulnerable		Total		Total
	SENTIDO		SENTIDO		SENTIDO		
	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	A ↑	B ↓	
17:30 -17:45	8	4	45	40	53	44	97
17:45 -18:00	12	4	35	50	47	54	101
18:00 -18:15	10	16	32	60	42	76	118
18:15 -18:30	10	16	35	35	45	51	96
18:30 -18:45	3	9	22	21	25	30	55
18:45 -19:00	5	15	33	22	38	37	75
19:00 -19:15	6	11	24	23	30	34	64
19:15 -19:30	5	3	31	30	36	33	69
Total	59	78	257	281	316	359	675

Nota: (1)Peatón vulnerable: Mayor riesgo de lesión en un accidente (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz)

Fuente: Elaboración propia