



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA

***DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN PASILLOS DE
ACCESO A LAS ESTACIONES PERISUR Y VILLA OLÍMPICA DEL
BRT-METROBÚS***

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

LUIS FERNANDO MÁRQUEZ SALDÍVAR

DIRECTOR DE TESIS

M. en I. Francisco Javier Granados Villafuerte

Ciudad Universitaria, México, 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/035/13

Señor
LUIS FERNANDO MÁRQUEZ SALDIVAR
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN PASILLOS DE ACCESO A ESTACIONES DEL BRT-METROBÚS DE PERISUR Y VILLA OLÍMPICA"

- INTRODUCCIÓN
- I. CONCEPTO Y USO DEL NIVEL DE SERVICIO
 - II. ESTUDIOS DE CAMPO PARA PEATONES
 - III. ESTUDIOS DE CAMPO EN ESTACIONES DEL METROBÚS SELECCIONADAS
 - IV. ANÁLISIS
 - V. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO
 - VI. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 22 de marzo del 2013.
EL PRESIDENTE


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH*gar.

Índice

Introducción	7
Definición del problema.....	8
Objetivo del Estudio	8
Metodología de la Investigación	9
Muestreo.....	12
Importancia del Estudio.....	12
Limitaciones del Estudio.....	12
Área de Estudio.....	13
Conclusión.....	16
Capítulo 1. Concepto y Uso del Nivel de Servicio	17
1.1. Introducción	17
1.2. Definición del Nivel de Servicio.....	17
1.3. Concepto del Nivel de Servicio.....	18
1.4. Concepto de Capacidad	18
1.4.1. Relaciones de Capacidades.....	19
1.4.2. Capacidad Vehicular	22
1.4.3. Capacidad de Personas.....	22
1.5. Tipos de Nivel de Servicio (NS).....	23
1.5.1. Nivel de Servicio en Carreteras.....	23
1.5.2. Nivel de Servicio en Autopistas.....	24
1.5.3. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas	24
1.5.4. Nivel de Servicio Peatonal y de Bicicletas.....	25
1.5.5. Nivel de Servicio en Aeropuertos.....	26
1.6. Concepto de Circulación Peatonal	29
1.6.1. Terminología de la Capacidad Peatonal	30
1.6.2. Principios del Flujo Peatonal.....	32
1.6.3. Relación Velocidad-Densidad	32
1.6.4. Relación Flujo-Densidad.....	33
1.6.5. Relación Velocidad-Flujo.....	35
1.6.6. Relación Velocidad-Espacio	35
1.6.7. Nivel de Servicio Peatonal	36

1.7. Circulación en Pasillos	37
1.7.1. Velocidad	37
1.7.2. Densidad	38
1.7.3. Espacio Requerido	39
1.7.4. Ancho Efectivo de Pasilo	41
1.7.5. Nivel de Servicio en Pasillos	42
1.8. Procedimientos de Evaluación para determinar la capacidad en Pasillos Peatonales.....	45
1.8.1. Factores de Diseño.....	45
1.8.2. Demanda Peatonal	46
1.8.3. Determinación del Ancho Requerido para Pasillos Peatonales	46
1.8.4. Determinación de la Capacidad del Pasillo Peatonales	47
1.9. Conclusión	48
Capítulo 2. Estudios de Campo para Peatones.....	49
2.1. Estudio de Aforo Peatonal.....	49
2.1.1. Procedimiento en Campo	50
2.1.2. Personal y equipo.....	51
2.1.3. Tamaño de la muestra.	52
2.1.4. Método	52
2.1.5. Formatos de campo	54
2.2. Estudio de Velocidad Peatonal	56
2.3. Estudio de Densidad Peatonal	60
2.1.6. Estudio de Nivel de Servicio Peatonal en Nueva York	61
Capítulo 3. Estudios de Campo en Estaciones del Metrobús Seleccionadas	68
3.1. Inventario de Infraestructura.....	68
3.2. Aforo Peatonal.....	70
3.3. Velocidad Peatonal	76
3.4. Densidad y Espacio Peatonal.....	77
Capítulo 4. ANÁLISIS	81
4.1. Introducción	81
4.2. Área de Estudio	81
4.2.1. Marco del Área de Estudio.....	81

4.2.2.	Situación Existente de los Pasillos de Acceso a las Estaciones	82
4.3.	Ancho Efectivo de Pasillo	84
4.4.	Volumen Peatonal	85
4.5.	Velocidad Peatonal	88
4.6.	Cálculo del Nivel de Servicio.....	91
4.5.1.	Nivel de servicio del Pasillo Peatonal entre semana.....	94
4.7.	Conclusión	95
Capítulo 5.	Resumen de los Resultados del Estudio.....	96
5.1.	Introducción	96
5.2.	Resultados de la Investigación	96
5.2.1.	Capacidad de Pasillo Peatonal	97
5.2.2.	Nivel de Servicio del pasillo Peatonal	97
5.3.	Factores que Afectan el Nivel de Servicio del Pasillo Peatonal	98
5.3.1.	Espacio Entre Personas.....	99
5.3.2.	Densidad	99
5.3.3.	Capacidad del Pasillo	100
5.3.4.	Instalaciones y Comodidades de la Estación.....	100
5.4.	Espacio Requerido	101
5.4.1.	Determinación Requerida del Pasillo Peatonal	101
Capítulo 6.	Conclusiones y Sugerencias.....	102
6.1.	Limitaciones del Estudio	102
6.2.	Sugerencias	103
6.2.1.	Análisis de las Características del Entorno	103
6.2.2.	Análisis de las Características del Flujo	103
6.2.3.	Técnica de Recolección de Datos.....	104
6.3.	Investigación Futura.....	105
6.4.	Conclusión	105
Bibliografía		107
ANEXO.....		108

Introducción

Actualmente el Nivel de Servicio (NS) es utilizado para dar cuenta de la calidad de las operaciones en las instalaciones de transporte alrededor de vialidades como autopistas, entrecruzamientos, intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, arterias urbanas y vías interurbanas.

Pero el NS en la planeación y operación de infraestructura peatonal para el transporte público, todavía no ha llegado a ser explotada como debiera ser en nuestro país.

En la actualidad existen dos tipos de infraestructura para el tránsito peatonal, las cuales son: infraestructuras de flujo discontinuo o interrumpido (pasos de cebra en intersecciones semaforizadas, y cruces peatonales en intersecciones no semaforizadas) e infraestructuras de flujo continuo o ininterrumpido (aceras, senderos o pasillos peatonales, escaleras y vías exclusivas).

Frecuentemente los análisis peatonales de NS están orientados a banquetas en intersecciones y cruces peatonales, pero desatienden los pasillos de acceso a las estaciones del transporte público, los cuales también funcionan como lugares para peatones; el trabajo realizado se enfocó en el análisis del flujo continuo de peatones en éstos últimos tipos de infraestructura, concretamente para el caso de 2 estaciones del sistema de Metrobús Villa Olímpica y Perisur.

Definición del problema

En la Ciudad de México en los últimos años se han construido nuevos sistemas de transporte público, esto es debido a la creciente demanda que se ha presentado por la gran población existente y que necesita recorrer grandes distancias en poco tiempo.

Muchas personas tienen automóvil particular y esto provoca congestión vehicular, choques y sobre todo molestia de los usuarios de las arterias urbanas. Esta misma situación ocurre en los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús. La congestión peatonal en los pasillos causa demoras y gran pérdida de tiempo al pasajero, no tienen confort y hacer un recorrido con estas molestias puede desencadenar en problemas a la salud.

El Nivel de Servicio (NS) es un importante indicador de desempeño para pasillos de acceso. Es un método usado para evaluar una instalación de transporte y sirve como medida cuantitativa para describir la condición operacional de una instalación y de la percepción que tiene el usuario de ella. Sin embargo, estudios recientes se enfocan únicamente en carreteras, aeropuertos, terminales pero no en los pasillos de acceso a los mismos.

Es necesario estudiar el criterio de Nivel de Servicio y los estándares para el diseño de instalaciones de pasillos de acceso propuestas o existentes. Estos estudios pueden minimizar la pérdida de tiempo a los pasajeros y el daño a la salud.

Objetivo del Estudio

El objetivo de esta investigación es determinar el Nivel de Servicio (NS) en los pasillos de acceso peatonal para las estaciones de Metrobús de Perisur y Villa Olímpica, con el fin de evaluar las condiciones actuales de operación y proveer de información de diseño para instalaciones futuras.

Los siguientes objetivos específicos fueron formulados con el propósito del estudio:

- I. Determinar el volumen peatonal en la hora pico y los factores que afectan el Nivel de Servicio peatonal.
- II. Determinar la capacidad del pasillo de acceso peatonal para satisfacer la demanda de los pasajeros.
- III. Si los resultados así lo indican, proponer un ancho de pasillo adecuado para incrementar la calidad del servicio.

Metodología de la Investigación

i. Estudio Preliminar

Este paso involucra la lectura de diversos textos para entender los conceptos de nivel de servicio, capacidad, circulación peatonal, tipos de nivel de servicio. Es necesario comprender las diferencias entre la circulación en pasillos, escaleras, colas y áreas de espera. Esto incluye la lectura de reportes previos, tesis, el Highway Capacity Manual (HCM), el Transit Capacity and Quality of Service Manual (TQSM) y otras fuentes relacionadas. Esta etapa está orientada en determinar la metodología usada en este estudio.

ii. Zona de Estudio

El proceso de investigación se basa en la toma de información de las estaciones del Metrobús Villa Olímpica y C.U. Estas estaciones se caracterizan por tener gran afluencia, principalmente en la de Perisur debido a que es conexión para ir a distintos lugares, como Periférico, el centro comercial Perisur, y al Instituto Nacional de Pediatría.

En las siguientes fotos se aprecian los pasillos a investigar en las estaciones mencionadas.



Figura 0-1 Sección Analizada en la Estación Perisur

Fuente: Elaboración Propia (2013)



Figura 0-2 Estación Perisur

Fuente: Elaboración Propia (2013)

iii. Captura de la información

La información de campo requerida se obtiene para el caso de volúmenes peatonales con contadores mecánicos, cronómetro y con los formatos apropiados. Las velocidades peatonales se capturan en un software especializado desarrollado en el Instituto de Ingeniería, el cual funciona en cualquier teléfono celular con

sistema Android. Para las densidades y espacio peatonal se toman fotos con una cámara digital. Todas las herramientas a utilizar serán descritas con mayor detalle en páginas subsecuentes.

iv. Puntos de toma de información

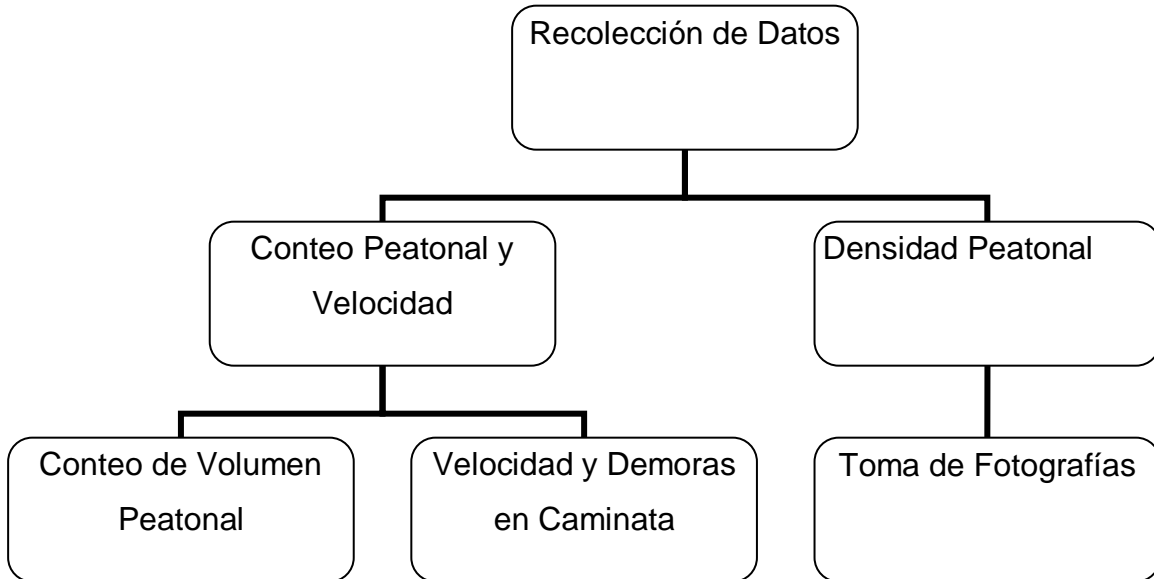
Los estudios de tránsito peatonal fueron realizados en los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús antes mencionadas. En específico en la de Perisur se tomaron los datos en el pasillo sur de la estación, que tiene conexión con Periférico. La estación de Villa Olímpica se tomó el único pasillo de acceso que tiene contacto directo con la estación.

v. Variables consideradas en los estudios

- Geometría: Principalmente ancho total del pasillo, ancho de obstáculos y tipo.
- Volumen peatonal: Proveniente de aforos en sub-periodos de 15 minutos, considerando la clasificación de los peatones, género, dirección (entrada o salida).
- Velocidad media de caminata: Se determinó a partir de una muestra aleatoria sistemática con una longitud base de 5 m.
- Densidad peatonal: Se obtuvo a partir de fotografías a cada minuto durante las 2 hrs, considerando un área aproximada de 20 m².

Todas las mediciones, observaciones y fotografías fueron realizadas en un día típico, durante el periodo pico de la mañana y tarde y bajo condiciones climáticas favorables a excepción de Villa Olímpica en la tarde.

A continuación se muestra un diagrama con los datos a recolectar en este estudio:



Muestreo

La toma de información se hizo en un día que cumpliera con las especificaciones requeridas en los manuales, los cuales aclaran que debe ser un día “normal” entre semana de martes a jueves y en los periodos de hora pico en la mañana y en la noche. En este caso se tomó un martes para Perisur y jueves para Villa Olímpica.

Importancia del Estudio

Ésta investigación permitirá a los operadores de tránsito, planeadores de transporte, ingenieros y diseñadores de la infraestructura vial a proveer un área apropiada para el acceso a las estaciones de Metrobús. Esto con el fin de beneficiar las necesidades de los pasajeros, que el espacio sea mucho más confortable y así prevenir congestionamiento peatonal en estos pasillos.

Limitaciones del Estudio

El Nivel de Servicio que se analiza en este estudio sólo está determinado para los pasillos de acceso de las dos estaciones mencionadas anteriormente. Se debe

decir que es importante hacer otros estudios para niveles de servicio dentro de las estaciones, de las llegadas de Metrobús, escaleras, etc.

Área de Estudio

El Metrobús cuenta con 4 líneas. Cada línea tiene asignado un número y un color distintivo. Tiene una extensión total de 95 kilómetros y posee 113 estaciones de las cuales: 105 son de paso, 8 de transbordo y 10 terminales (dos de las terminales son de transbordo). Todas las estaciones se encuentran dentro del Distrito Federal. En Figura 0-3 Se muestra el mapa del sistema.

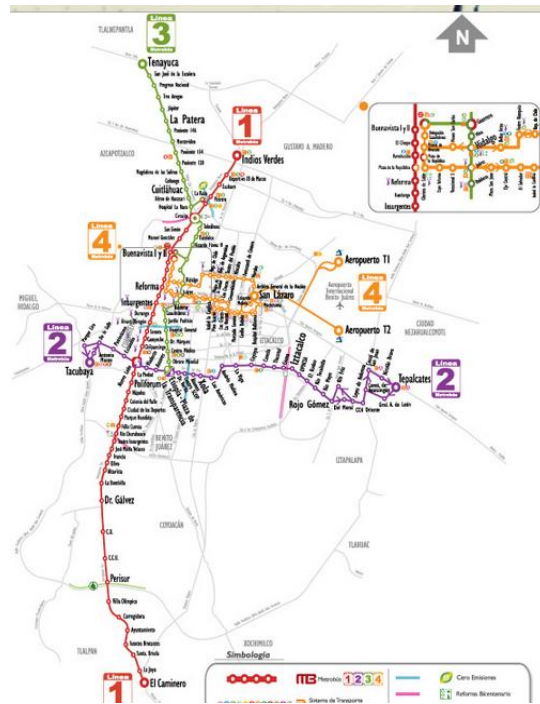


Figura 0-3 Mapa del Sistema de Metrobús

Fuente: Metrobús

Los casos de estudio para conocer el Nivel de Servicio para pasillos de acceso son las estaciones de Villa Olímpica y Perisur que forman parte de la línea 1. Se eligieron estas estaciones por ser distintas a las demás ya que cuentan con pasillos de acceso a las estaciones. Concretamente la de Perisur es la tercera en demanda de la línea 1 y es muy importante por tener cerca el Instituto Nacional de Pediatría y el centro comercial con el mismo nombre que la estación, además de la salida a Periférico. Por otra parte la estación de Villa Olímpica da servicio al centro financiero Cuicuilco, a la unidad habitacional de Villa Olímpica y al corporativo Elektra.



Figura 0-4 Mapa del Metrobús (Perisur)

Fuente: Metrobús



Figura 0-5 Mapa del Metrobús (Villa Olímpica)

Fuente: Metrobús

Los puntos de análisis fueron específicamente los pasillos de acceso a las estaciones mencionadas. El de Perisur fue el pasillo sur que tiene salida a Periférico, en Villa Olímpica fue el pasillo que da acceso directo a la estación.

La planeación, control y administración del Metrobús está a cargo del organismo público descentralizado Metrobús y por lo tanto para poder sacar algunas fotografías y obtener información se tuvo que pedir permiso a las autoridades de esta empresa.

Conclusión

La investigación se enfoca en determinar el Nivel de Servicio (NS) de un segmento en específico de la estación que son los pasillos de acceso. El método usado para determinar es adaptado del Highway Capacity Manual (HCM). No se han hecho estudios recientes de los Niveles de Servicio en los pasillos de acceso a las instalaciones y esta investigación contribuirá a tener una mejor planeación y operación de los mismos.

Capítulo 1. Concepto y Uso del Nivel de Servicio

1.1. Introducción

En este capítulo se retoman y revisan los conceptos de Nivel de Servicio (NS), y se discute sobre la relación que existe entre la capacidad y el Nivel de Servicio, el uso que tiene éste en distintos campos como carreteras, calzadas, intersecciones semaforizadas, peatonales, bicicletas y aeropuertos. Finalmente, se explica el método usado para determinar el Nivel de Servicio en pasillos, escaleras, colas y áreas de espera.

1.2. Definición del Nivel de Servicio

El Nivel de Servicio es un método mediante el cual se evalúa el rendimiento de una instalación de transporte. Es una medida cuantitativa que describe las condiciones de flujo de tráfico de la instalación, y la percepción del usuario de estas condiciones en el área de evaluación. En pasillos peatonales, depende de un número de factores que no pueden ser estimados directamente. Algunos de estos factores son confort, tiempo de viaje, conveniencia y libertad de maniobra.

En general, se utilizan letras para representar los NS, empezando por el NS A, que indica unas condiciones de operación excelente, y termina con el NS F, que indica las peores condiciones de operación. El método de evaluación del NS es importante para permitir que el ingeniero determine si la instalación está trabajando con el nivel de operación deseado o si una mejora debe ser implementada.

1.3. Concepto del Nivel de Servicio

El Nivel de Servicio es una percepción que el usuario tiene de la calidad de los servicios ofrecido. Es importante para los diseñadores, planeadores e ingenieros ser capaces de medir y evaluar el rendimiento de las instalaciones y los servicios ofrecidos. Como resultado, el concepto de NS fue desarrollado y ha evolucionado para darles una herramienta común para ayudar en la evaluación e improvisación de estos servicios. La primera vez que el concepto de NS fue presentado fue en la edición 1950 del Highway Capacity Manual y después se actualizó en la edición de 1965 para reemplazar la idea de la “capacidad práctica”. En el manual, la capacidad práctica fue definida como “el número máximo de vehículos que pasarían un punto dado sin la densidad de tráfico que por lo grande pueda causar un retraso irrazonable, peligro o restricción a la libertad del conductor de maniobrar bajo las condiciones de la carretera”. Adicionalmente, la última actualización para el concepto de NS fue utilizado en el HCM 2000, en el cual fue presentado como una “medida cualitativa”, donde el factor de seguridad no fue contado como un factor de influencia en el NS. Los usos y aplicaciones del concepto de NS en transporte han sido determinados como los siguientes:

- a. Para averiguar los problemas de tráfico,
- b. Para mejorar las condiciones de operación,
- c. Para ayudar a los diseñadores a tomar buenas decisiones, y
- d. Para ayudar a los ingenieros a mejorar la decisión de planeación.

1.4. Concepto de Capacidad

La capacidad de tránsito es diferente que la capacidad de carretera. La capacidad de carretera trata de la circulación de los dos: personas y vehículos; depende del tamaño de los vehículos y qué tan seguido operan, y refleja la intersección entre concentraciones de tráfico peatonal y el flujo vehicular. La capacidad de tránsito depende de la política de operación de la agencia de tránsito, donde normalmente

se especifican las frecuencias de servicio, permitiendo la carga de pasajeros, y el tipo de vehículos usados para llevar pasajeros.

1.4.1. Relaciones de Capacidades

El servicio de transporte público se enfoca en el movimiento de personas de un lugar a otro. El servicio de transporte público funciona usando relativamente un número pequeño de vehículos para transportar a una gran cantidad de personas. Como resultado, la capacidad de transporte público está enfocada más en el número de personas que pueden ser servidas en un momento dado (capacidad peatonal), que el número de vehículos (capacidad vehicular). Sin embargo, determinar el máximo número de vehículos que pueden ser servidos en un lapso de tiempo determinado sigue siendo el primer paso necesario para determinar el máximo número de personas que pueden ser servidas.

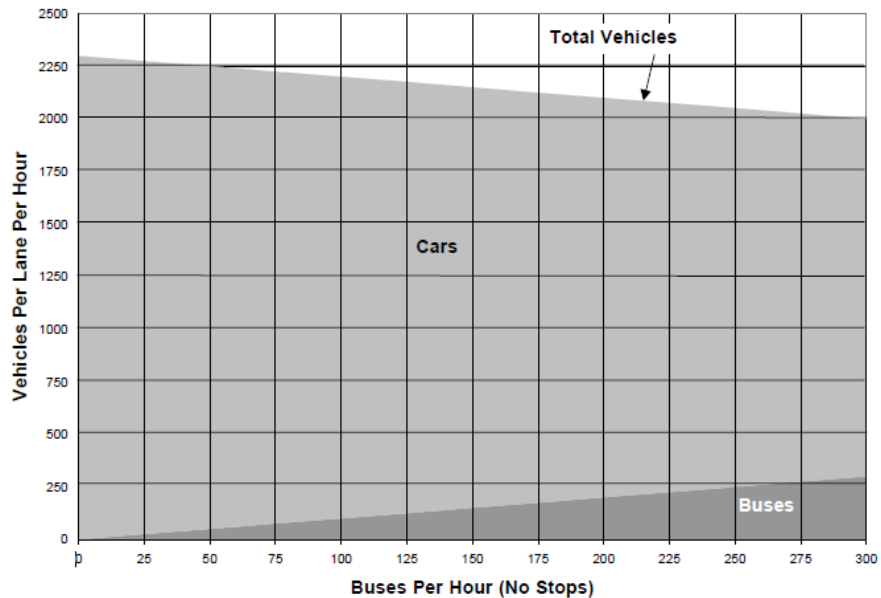


Figura 1-1 Capacidad Vehicular Total

Fuente: TRB (2008)

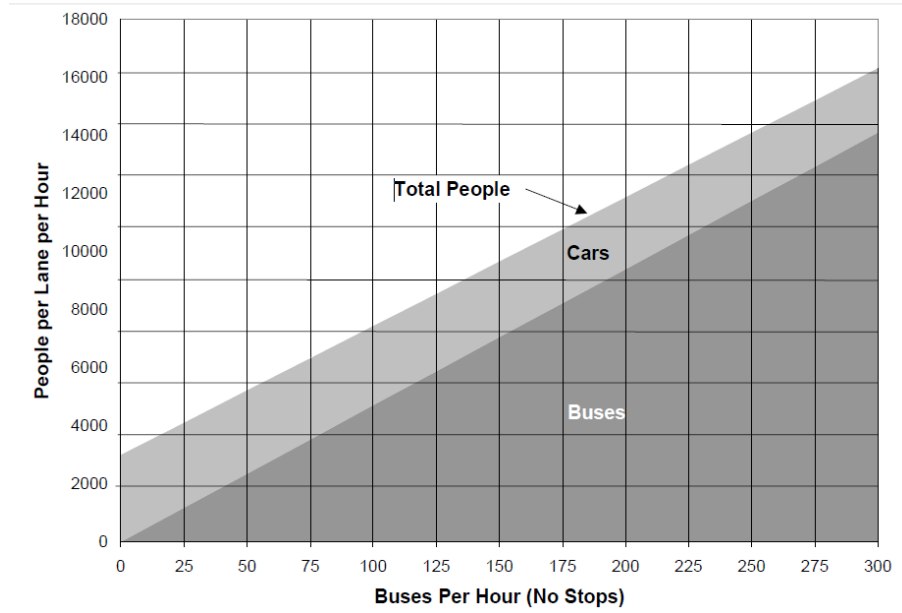


Figura 1-2 Capacidad Total Peatonal

Fuente: TRB (2008)

La Figura 1-1 y Figura 1-2 ilustran la relación entre vehículos y capacidad de personas, usando un carril de la carretera como ejemplo. El número de autobuses operado es establecido por el proveedor de servicios. La capacidad total de personas representa el número de personas que puede ser llevada por un número específico de autobuses y los restantes por vehículos de pasajeros. Para el propósito de este ejemplo, la capacidad del carril de una carretera puede ser 2,300 vehículos de pasajeros por hora por carril (sin autobuses). Un autobús se supone que es el equivalente de 2 vehículos destinados al transporte de pasajeros, se asume que los autobuses no paran a lo largo de la autopista y los autobuses y vehículos de transporte de pasajeros se supone que tienen ocupaciones promedio de entre 47 y 1.3 respectivamente, correspondientes a los vehículos de las grandes ciudades. Se puede observar que si el número de autobuses utilizando el carril de carretera asciende a 300, la capacidad de personas en ese carril incrementa de cerca de 3,000 a más de 16,800, mientras que la capacidad vehicular baja solo de 2,300 a 2,000. Este conjunto de suposiciones denota que el carril que está sirviendo de 60 a 65 autobuses por hora está transportando tantas personas como el carril completo en su capacidad por automóviles, con la

capacidad considerable restante para añadir más autobuses y transportar a más personas (HCM 2000). Puede ser explicado de la forma que generalmente los autobuses representan pequeños porcentajes del volumen total vehicular en un camino pero tienen la capacidad de llevar a más gente viajando en un camino.

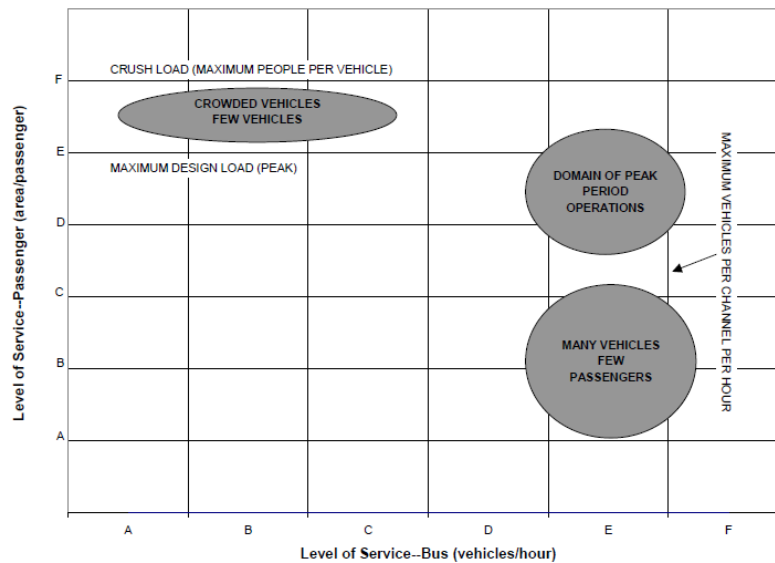


Figura 1-3 Capacidad Urbana del Autobús

Fuente: TRB (2008)

La Figura 1-3 ilustra las dos dimensiones naturales de la capacidad de un autobús urbano. Se puede ver que es posible operar muchos autobuses, cada uno transportando pocos pasajeros. Desde la perspectiva de la capacidad de una autopista, el número de vehículos podría ser o estar cerca de la capacidad incluso si circularan casi vacíos. Alternativamente, pocos vehículos podrían operar y cada uno de ellos estaría sobrepoblado. Los tiempos de espera largos y las condiciones de saturación representa una pobre calidad de servicio desde la perspectiva del pasajero (TRB, 2003). Por último, el dominio de las operaciones del período máximo en las grandes ciudades generalmente implica un gran número de vehículos, cada uno muy cargado.

1.4.2. Capacidad Vehicular

La capacidad del vehículo de una ruta de transporte público dada por una instalación puede ser definida como “El máximo número de vehículos de transporte público (camiones, trenes, barcos, etc.) que pueden pasar en un periodo de tiempo”. Hay muchos nombres para la capacidad de vehículos como capacidad del camión, capacidad de línea y capacidad de barco pero todos estos nombres nos regresan al número de vehículos de transporte público que pueden ser servidos durante un periodo de tiempo, típicamente de una hora.

En muchos casos, la capacidad del vehículo de una ruta de transporte público no será lograda en la operación actual. Algunas ocasiones, es resultado de recursos limitados, que significa que no son suficientes los vehículos de transporte público disponibles para proveer la máxima capacidad vehicular.

1.4.3. Capacidad de Personas

El número de personas que puede ser llevada por una ruta particular de transporte público o instalación depende de algunos factores, algunos están bajo control del operador de transporte público y otros no. La capacidad de personas expresada en personas por hora es determinada por el producto de la capacidad de tránsito vehicular (vehículos/hora) y la capacidad del pasajero en esos vehículos (personas/vehículo). En otras palabras, la capacidad de personas es función del vehículo y sus características como tamaño, tipo, ocupación, grado de intersección con otros vehículos, avance, y características de la llegada de los pasajeros. La capacidad de personas de una ruta de tránsito dada o instalación puede ser definida como “El número máximo de personas que pueden llevarse pasado un lugar determinado durante un período de tiempo determinado bajo condiciones de operación específicas; sin demora injustificada, riesgo o restricción; y con razonable certeza”.

1.5. Tipos de Nivel de Servicio (NS)

1.5.1. Nivel de Servicio en Carreteras

El Nivel de Servicio de tránsito fue originalmente desarrollado y aplicado a sistemas de carreteras en el Highway Capacity Manual de 1965. El objetivo era la evaluación de la calidad de los servicios del camino tal como lo percibían los conductores pasando a través de una sección del mismo.

Más mejorías y desarrollos llevaron a sus seis niveles finales desde la A hasta la F en relación con las condiciones de tráfico como fueron dadas en el HCM de 1985 en la Tabla 1-1. En el HCM de 1965, los NS fueron explicados en 6 clases desde la A a la F en combinación con el tiempo de viaje y la relación entre el flujo de tráfico y la capacidad, porque el tiempo de viaje fue reconocido como un factor dominante de la calidad del servicio. Por otra parte, el HCM de 1985 presentó algunas nuevas medidas específicas para diferentes tipos de instalaciones y niveles de servicio y fueron clasificadas desde la A hasta la F en relación con el rango de la medida correspondiente. Las medidas del NS están explicadas en el HCM de 1985, donde describe las características de las condiciones de tráfico bajo operación, incluyendo velocidad de viaje, tasa de flujo de tráfico, y densidad de tráfico, para cada tipo de camino. En el HCM del 2000, la evaluación para los NS están basados en las relaciones de velocidad-flujo y densidad-flujo. Los criterios de jerarquía del NS están definidos en términos de la máxima densidad (pc/mi/ln), la velocidad promedio (mi/h), la relación entre máximo volumen y capacidad (v/c), y la relación del máximo flujo de servicio (pc/h/ln). La densidad es reconocida como la primordial en la determinación del NS.

Tabla 1-1 Nivel de Servicio en Carreteras

NS	Descripción
A	Flujo libre, no demoras, excelente nivel de confort

B	Flujo estable, muy pocas demoras, nivel de confort alto
C	Flujo estable, demoras aceptables, nivel de confort bueno
D	Flujo inestable, demoras pasables, nivel de confort adecuado
E	Flujo inestable, demoras inaceptables, nivel de confort inadecuado
F	Flujo cruzado, descomposición del sistema, nivel de confort inaceptable

Fuente: TRB (2008)

1.5.2. Nivel de Servicio en Autopistas

Las autopistas son segmentos de caminos que consisten básicamente en un segmento de autopista, un segmento de rampa y secciones de cruce. Son carreteras divididas con pleno control de acceso y dos o más carriles por sentido con flujo ininterrumpido. Los segmentos de autopistas son segmentos normales sin ninguna interrupción de flujo de otros segmentos. Las secciones de cruzamiento ocurren cuando los flujos de tránsito en la misma dirección se cruzan. Los segmentos de rampa se fusionan o divergen, áreas en la autopista donde el tránsito está entrando o saliendo de las líneas principales del viaje. El HCM 2000 evalúa el Nivel de Servicio para estos segmentos de autopista usando el criterio de la máxima densidad, que está definido en autos de pasajeros por milla por línea (pc/mi/ln). Otro criterio también incluido en la definición de los NS son la velocidad mínima (mi/h), tasa máxima v/c, tasa máxima de flujo de servicio (pc/h/ln) y velocidad de flujo libre de 55 a 75 mph. Sin embargo, cuando ocurren condiciones de sobresaturación, el NS es definido como F.

1.5.3. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforzadas

Las intersecciones semaforizadas son lugares donde dos o más caminos se intersecan en un grado y requieren el uso de un dispositivo de control automatizado para controlar el uso de la intersección por monitoreo. La evaluación

de una intersección semaforizada es más complicada que los segmentos de carretera porque no solo considera el tránsito sino que también contempla movimientos de vuelta y ajustes de señales. El HCM 2000 evalúa el nivel de servicio para una intersección semaforizada utilizando demoras por control por vehículo en segundos por vehículo. Las demoras por control incluyen el tiempo de un vehículo desde que llega a una cola hasta que pasa la posición a la cabeza de la cola o la línea de alto, la demora por desaceleración inicial, el tiempo en moverse en una cola, demora de la parada, y el demora final de la aceleración.

1.5.4. Nivel de Servicio Peatonal y de Bicicletas

Las áreas peatonales fueron motivo de preocupación para tener los mismos Niveles de Servicio que las carreteras y autopistas. Fruin (1971) fue uno de los que trabajó en este campo para lograr esta meta. Él determinó que, si el número de peatones se incrementa en un espacio específico, la comodidad y libertad de movimiento desciende resultando en alta capacidad y congestión de este espacio en particular. Como resultado, decidió aplicar los mismos seis niveles de servicio para el análisis de caminos en los pasillos peatonales. Subsecuentemente, después del excelente logro que él alcanzó en los pasillos peatonales, su trabajo fue tomado para empezar otra evaluación y dar la guía para los NS para otras instalaciones tales como escaleras y colas de espera como se muestra en Tabla 1-2 (Pagani, 2001):

Tabla 1-2 Rangos de Nivel de Servicio

Pies ² /por persona	Rangos de Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Pasillos	35 o más	25-35	15-25	10-15	5-10	5 o menos

Escaleras	20 o más	15-20	10-15	7-10	4-7	4 o menos
Colas de espera	13	10-13	7-10	3-7	2-3	2 o menos

Fuente: TRB (2008)

El concepto de NS es también utilizado para desarrollar una medida del NS cuantificable en bicicletas. El Departamento de Transporte de Florida (FDOT) llevó a cabo el más reciente y famoso esfuerzo en este campo. El NS en bicicletas utilizó los mismos seis niveles utilizados antes en autopistas y peatones empezando desde la A y terminando con la F. La evaluación de los NS de la bicicleta depende de que tan seguro y cómodo puede mantener un camino a un ciclista con diferentes niveles de habilidad.

En general, los niveles de servicio para bicicletas están basados en (Dixon, 1996):

- El ancho del carril para bicicleta
- La existencia de un carril, si está separado del carril de la calle o no
- La existencia de estacionamiento o no
- Intersecciones del camino, y
- Condición del pavimento.

1.5.5. Nivel de Servicio en Aeropuertos

El uso de los NS para describir el rendimiento de operación y condiciones de la carretera y otras instalaciones dio pie a la aplicación en sistemas de transporte aéreos. Generalmente, en aeropuertos los pasajeros necesitan tener un nivel alto

de seguridad así como un alto NS. Los aeropuertos están divididos en dos, instalaciones en el lado tierra e instalaciones en el lado aire. Las instalaciones en tierra consisten en:

- Instalaciones de trámites (ej. Check.in, migración, sistema de manipulación de equipaje, etc.)
- Instalaciones de ubicación (ej. Salas de espera.)
- Instalaciones de flujo (ej. Corredores, escaleras, elevadores, etc.)

En la actualidad, todos los estudios están enfocados en desarrollar un NS comprensivo, describiendo servicios como los percibe el pasajero, usando el sistema completo del aeropuerto. Sin embargo, los NS actualmente disponibles tratan con la calidad y condiciones de servicio de una o más instalaciones, como experimentaron los pasajeros. En general, el tiempo de espera y el espacio disponible son los factores más influyentes de los NS que los pasajeros perciben como se muestra en la Tabla 1-3

Tabla 1-3 Nivel de Servicio en Espacios Estándares.

Área de NS	A	B	C	D	E
Reclamo de equipaje (m ²)	2.00	1.80	1.60	1.40	1.20
Flujo-Espacio (pasajeros por min. por m.)	20.00	25.00	40.00	57.00	75.00
Check-in (m ²)	1.80	1.60	1.40	1.20	1.00
Área de espera (m ²)	2.70	2.30	1.90	1.50	1.00
Área Genérica (m ²)	1.40	1.20	1.00	0.80	0.60

Fuente: Pagani (2001)

Además, algunas investigaciones fueron hechas por muchas organizaciones como el Airport Council International (ACI), la International Airport Transport (IATA) y la British Airport Authority (BAA). Un breve resumen de su trabajo se discute como se muestra a continuación:

Tabla 1-4 Niveles de Servicio en el Tiempo de Trámites (minutos)

Instalación	Nivel de Servicio "A" (BUENO)	Nivel de Servicio "B" (TOLERABLE)	Nivel de Servicio "C" (MALO)
Check-in:			
→ Chárter	<11	11-21	>21
→ Recorrido largo programado	<15	15-25	>25
→ Europeo programado	<7.5	7.5-14	>14
Chequeo de Seguridad	<6.5	6.5-10.5	>10.5
Control del Pasaporte (al exterior)	<6.5	6.5-10.5	>10.5
Inmigración (al interior)	<6.5	6.5-14.5	>10.5
Reclamo de Equipaje	<12.5	12.5-22.5	>22.5
Control de Aduana	<6.5	6.5-11.5	>11.5

Fuente: Andreatta (2001)

El Airport Council International identificó muchos factores que tienen gran impacto en los NS. Ellos lo dividen en variables objetivas y subjetivas. Las variables subjetivas son las que se recolectan de las encuestas a pasajeros, tarjetas de comentarios y quejas de los pasajeros, algunas de estas variables son (Yen and Teng, 2003):

- El nivel de servicio general percibido por el usuario,
- Distancia o tiempo de caminata,
- Comodidad de la Terminal, etc.

Del otro lado, las variables objetivas son recolectadas por observaciones de patrullaje o por grabaciones de video. Estos factores incluyen:

- Tiempo de espera en el boletaje,
- Tiempo de espera en el Check-in,

→ Sobresaturación de la zona de Estacionamiento, etc.

La International Airport Transport Association (IATA), que es la directriz más famosa para servicios aeroportuarios, evalúa un número de aeropuertos cada año tomando en consideración veinticuatro factores que tienen efecto en los NS como se muestra en la Tabla 1-5.

Al final, la British Airport Authority (BAA) mide los NS percibidos por los pasajeros, dividiendo las variables de influencia en tres grupos: Proceso de salida, proceso de llegada y variables comunes en el proceso de salida y llegada (Yen and Teng 2003).

Tabla 1-5 Niveles de Servicio propuestos por la IATA

NS	Nivel	Descripción
A	Excelente	Flujo libre, no demoras, nivel de comodidad excelente
B	Alto	Flujo estable, muy pocos demoras, nivel de comodidad alto
C	Bueno	Flujo estable, demoras aceptables, nivel de comodidad bueno
D	Adecuado	Flujo inestable, demoras aceptables, nivel de servicio adecuado
E	Inadecuado	Flujo inestable, demoras inaceptables, nivel de servicio inadecuado
F	Inaceptable	Flujo cruzado, ruptura del sistema, nivel de servicio inaceptable

Fuente: Pagani (2001)

1.6. Concepto de Circulación Peatonal

Un objetivo importante de una parada de autobús o estación es proveer un espacio adecuado y facilidades apropiadas para acomodar las proyecciones peatonales de demanda pico, garantizando al mismo tiempo seguridad y comodidad. Los primeros esfuerzos involucraron el diseño estaciones de tránsito

peatonal basado en la máxima capacidad peatonal sin considerar confort y comodidad.

Sin embargo, investigaciones han demostrado que la capacidad se alcanza cuando hay una densa multitud de peatones, produciendo movimiento restringido e incómodo.

Los procedimientos para estimar la capacidad, presentados en esta sección están basados en una escala relativa al confort y la comodidad peatonal. Los procedimientos para evaluar la capacidad peatonal y nivel de servicio (NS) figuran en la publicación "*Pedestrian Planning and Design*" de Fruin. Los procedimientos para analizar la circulación peatonal en banquetas, esquinas de calles y pasos peatonales se presentan en el *2000 Highway Capacity Manual (HCM)*.

1.6.1. Terminología de la Capacidad Peatonal

Los términos utilizados para la evaluar la circulación peatonal, se definen a continuación:

→ Capacidad Peatonal

El máximo número de personas que puede ocupar o pasar a través de una instalación peatonal, expresada como personas por unidad de área o como personas por unidad de tiempo. Tanto una capacidad máxima reflejando el número de posibles valores de las personas que pueden pasar a través de un punto, y una capacidad de 'diseño' representando el número máximo deseable de peatones son apropiados.

→ Velocidad Peatonal

Promedio de la velocidad peatonal, generalmente expresada en unidades de pies o metros por segundo.

→ Tasa de Flujo Peatonal

Número de peatones pasando un punto por unidad de tiempo, expresado como personas por minuto, 15 minutos, u otro periodo de tiempo; “punto” se refiere a la línea imaginaria a través del ancho de pasillo, escalera, o puerta, o a través de un elemento peatonal como una escalera mecánica etc.

→ *Flujo Peatonal por Unidad de Ancho*

Flujo promedio de peatones por unidad efectiva de ancho de pasillo, expresado como personas por pulgada, pie o metro por minuto.

→ *Densidad Peatonal*

Número promedio de personas por unidad de área dentro de un pasillo o un área de espera, expresada como personas por pies o metros cuadrados.

→ *Espacio Peatonal*

Área promedio usada por cada peatón en un pasillo o área de espera, expresada en términos de pies o metros cuadrados por peatón; éste es inverso a la densidad, pero es una unidad más práctica para el análisis de instalaciones peatonales. El espacio que normalmente requieren las personas varía dependiendo de la actividad a la que se dedican y aumenta con la velocidad al caminar. Es importante considerar el tipo y características de los peatones. Por ejemplo el área requerida por una persona usando una silla de ruedas o transportando equipaje o paquetes es mayor que a una persona que está de pie sin elementos.

→ *Tiempo-Espacio Peatonal.*

El espacio normalmente requerido por peatones para varias actividades (caminar, hacer cola, conversar, comprar, etc.) multiplicado por el tiempo empleado haciendo la actividad dentro de un área específica.

→ *Ancho efectivo o área.*

La porción de un ancho de pasillo o escaleras o el área de un espacio que es usada normalmente por los peatones. Áreas ocupadas por obstrucciones físicas y espacios de amortiguamiento adyacentes a las paredes y obstrucciones son excluidas del ancho efectivo o área.

1.6.2. Principios del Flujo Peatonal

La medida cualitativa del flujo peatonal es la misma que se emplea para rebasar a otros para el flujo vehicular, tal como la libertad de elegir velocidades deseadas y omitir otras. Otras medidas que están relacionadas al flujo peatonal incluyen la habilidad de cruzar una corriente del tráfico peatonal, caminar en dirección opuesta de un flujo peatonal mayor, maniobrar generalmente sin conflictos y cambios en la velocidad de caminata, y la demora en las intersecciones semaforizadas o no semaforizadas. Otros factores que contribuyen al Nivel de Servicio percibido son el confort, la comodidad, la seguridad y economía del sistema de pasillos.

1.6.3. Relación Velocidad-Densidad

La relación entre velocidad, densidad y volumen para flujo peatonal es similar al flujo vehicular. Cuando el volumen y la densidad incrementan, la velocidad peatonal desciende. Cuando la densidad incrementa y el espacio peatonal desciende, el grado de movilidad entre cada individuo desciende, tanto como el promedio de la velocidad de los peatones. La Figura 1-4, muestra la relación entre velocidad y densidad para tres tipos de peatones.

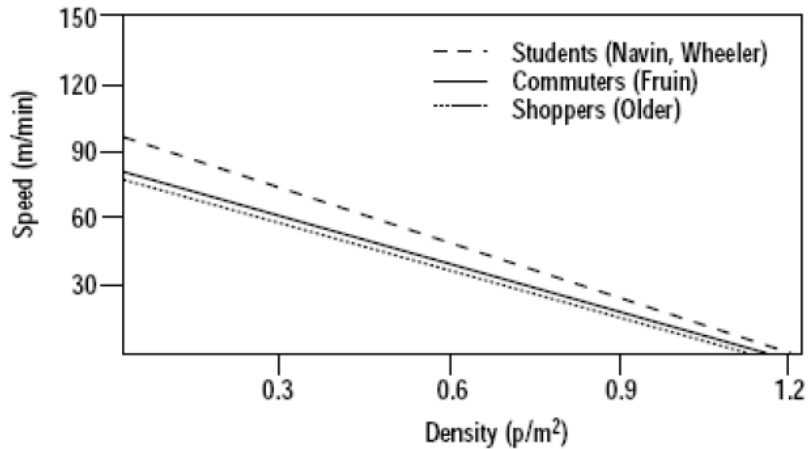


Figura 1-4 Relación entre Velocidad y Densidad Peatonales

Fuente: HCM (2000)

1.6.4. Relación Flujo-Densidad

La relación entre densidad, velocidad y flujo por peatones se describe en la siguiente fórmula.

$$v = SxD$$

Donde:

v= Flujo peatonal por unidad de ancho (p/pie/min, p/m/min);

S= Velocidad peatonal (pie/min, m/min); y

D= Densidad peatonal (p/pie², p/m²).

La variable flujo usada en esta expresión es el de “flujo por unidad de ancho” definido anteriormente. Una alternativa que es una expresión más utilizada puede ser desarrollada usando el recíproco de la densidad, o espacio, como sigue:

$$v = S / M$$

Donde:

v = Flujo peatonal por unidad de ancho (p/pie/min, p/m/min);

S = Velocidad peatonal (pie/min, m/min); y

M = Espacio peatonal (pie^2/p , m^2/p) ajustado como sea apropiado para las características peatonales.

La Figura 1-5 muestra la relación básica entre el flujo y espacio. La condición del flujo máximo representa la capacidad del pasillo como instalación. También muestra el espacio promedio por peatón que varía entre 0.4 y 0.9 m^2/p . Cuando el espacio es reducido a menos de 0.4 m^2/p , la tasa de flujo descende. Todos los movimientos efectivamente paran en la distribución del mínimo espacio de 0.2 a 0.3 m^2/p . Esta relación muestra que el tránsito peatonal puede ser evaluado cuantitativamente por medio del concepto de NS similar al análisis de tránsito vehicular. Al flujo cercano a la capacidad, un promedio de 0.4 a 0.9 m^2/p se requiere para cada peatón en movimiento. Sin embargo, en este nivel de flujo, el área limitada permitida restringe la velocidad peatonal y la libertad de movimiento.

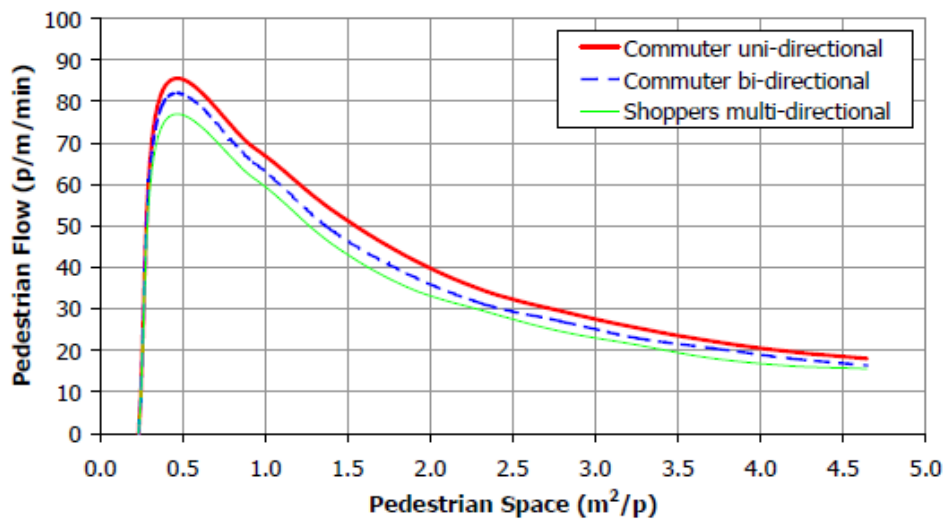


Figura 1-5 Relación entre flujo Peatonal y Espacio Peatonal

Fuente: Adaptado de Pushkarev Y Zupan (1971)

1.6.5. Relación Velocidad-Flujo

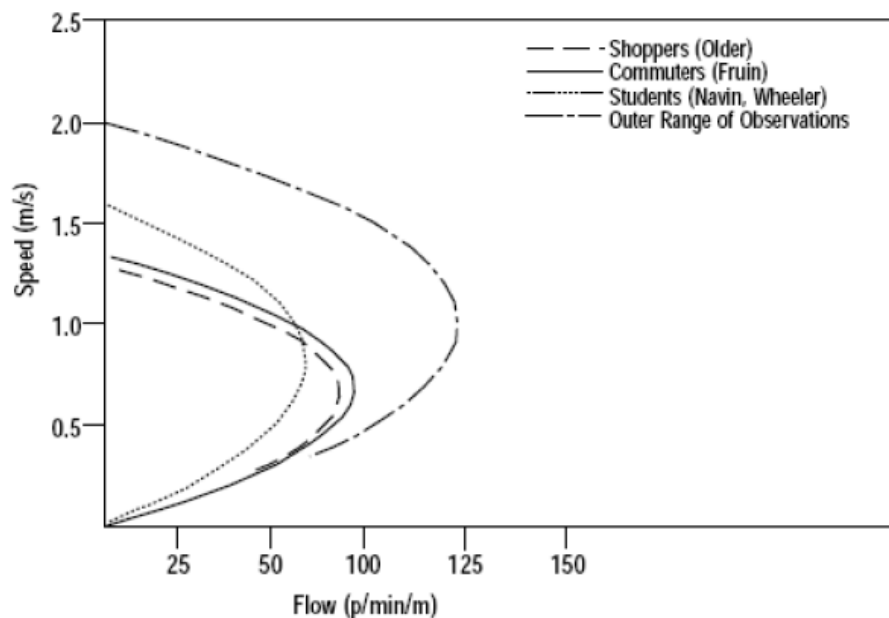


Figura 1-6 Relación entre Velocidad Peatonal y Flujo

Fuente: Adaptado de Pushkarev y Zupan (1971)

La Figura 1-6, muestra la relación entre la velocidad peatonal y el flujo. Las curvas mostradas son similares a las curvas de flujo vehicular. Significa que cuando hay muy pocos peatones en el pasillo o cuando los peatones están en niveles de flujo bajos, hay espacio disponible para escoger velocidades de caminata mayores. A medida que el flujo incrementa, la velocidad desciende debido a que las interacciones entre peatones son más estrechas. Cuando un nivel crítico de multitud ocurre, el movimiento se torna más difícil de tal forma que ambas, tanto la velocidad como el flujo descienden.

1.6.6. Relación Velocidad-Espacio

La Figura 1-7, muestra la relación entre la velocidad de caminata y el espacio disponible y sugiere algunos puntos del límite para el desarrollo de los criterios de Niveles de Servicio. El rango exterior de la observación mostrado en la Figura 1-7

indica que un espacio promedio o menor que $1.5\text{m}^2/\text{p}$, incluso los peatones más lentos no pueden lograr sus niveles deseados de caminata.

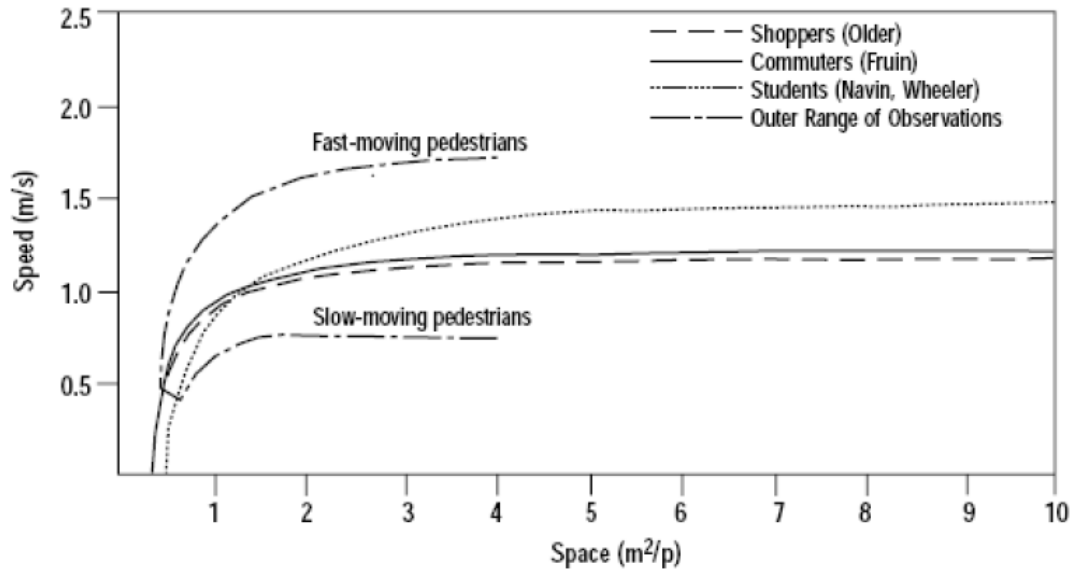


Figura 1-7 Relación entre Velocidad Peatonal y Espacio

Fuente: Adaptado de Pushkarev y Zupan (1971)

1.6.7. Nivel de Servicio Peatonal

El Nivel de Servicio Peatonal provee un medio útil de evaluar la capacidad y confort de un espacio peatonal activo. Los umbrales del NS peatonales relacionados con caminar están basados en la libertad de seleccionar las velocidades de caminata deseadas y la habilidad de evitar peatones movimientos lentos. Otras consideraciones relacionadas con el flujo peatonal incluyen la habilidad para cruzar una corriente de tráfico peatonal, caminar en la dirección contraria del mayor flujo peatonal y maniobrar sin conflictos con otros peatones o cambios en la velocidad de caminata.

Los Niveles de Servicio para áreas de espera se basan en el espacio disponible permanente, percepción de la comodidad y la seguridad, y la habilidad de maniobrar de un ubicación a otra. Dado que los niveles de servicio peatonales están basados en la cantidad de espacio peatonal disponible, los umbrales de los

NS pueden ser utilizados para especificar características de diseño deseables tales como tamaño de plataforma, número y ancho de escaleras, ancho de corredor, y muchos más.

1.7. *Circulación en Pasillos*

De acuerdo al Transit Capacity and Quality Service Manual (TCQSM), la capacidad de un pasillo está controlada por los siguientes factores:

- Velocidad peatonal de caminata;
- Densidad de tráfico peatonal;
- Características del peatón, bicicletas, cochecitos presentes, usuarios de silla de ruedas;
- Ancho efectivo del pasillo en su punto más estrecho.

1.7.1. Velocidad

Las velocidades de caminata peatonal normal varía en un amplio rango, dependiendo de muchos factores. Se ha encontrado que las velocidades de caminata disminuyen con la edad. Estudios también han mostrado que las velocidades de caminata masculinas son regularmente más rápidas que las femeninas. Otros factores que afectan la velocidad de caminata son los siguientes:

- Hora del día;
- Clima y temperatura;
- Composición del tráfico peatonal, incluyendo usuarios con silla de ruedas;
- Propósito del viaje; y
- Reacción al entorno cambiante.

Las velocidades de libre flujo se han mostrado en un rango de 145 pie/min (45m/min) a 470 pie/min (145m/min). En la base, las velocidades debajo de 145 pie/min (45m/min) podrían ser consideradas como restringidas, y las velocidades mayores que 470 pie/min (145m/min) se considerarían como correr. Una velocidad peatonal usada regularmente para diseñar es 250 pie/min (75m/min).

1.7.2. Densidad

Tal vez el factor más significativo de influencia en la velocidad peatonal de caminata es la densidad. La caminata normal requiere de suficiente espacio para pasar sin restricciones, reconocimiento sensorial, y la reacción a obstáculos potenciales. Incrementando la densidad se reduce el espacio disponible para caminar e incrementa los conflictos entre peatones, y por lo tanto, reduce la velocidad de caminata. Esto es una preocupación aún mayor para la gente con discapacidad que necesita ayudas para la movilidad como muletas, bastones y sillas de ruedas.

La Figura 1-8, muestra la relación entre las velocidades de caminata y el espacio promedio peatonal (inverso de la densidad). Observando esta figura, las velocidades peatonales están a flujo-libre hasta un espacio promedio peatonal de 25 pies² (2.3m²) por persona. Para espacios promedio por debajo de este valor, las velocidades de caminata empiezan a descender rápidamente. Las velocidades de caminata que se acercan a cero, se convierten en un arrastre lento, en un espacio peatonal promedio de aproximadamente 5 pies² (0.5m²) por persona.

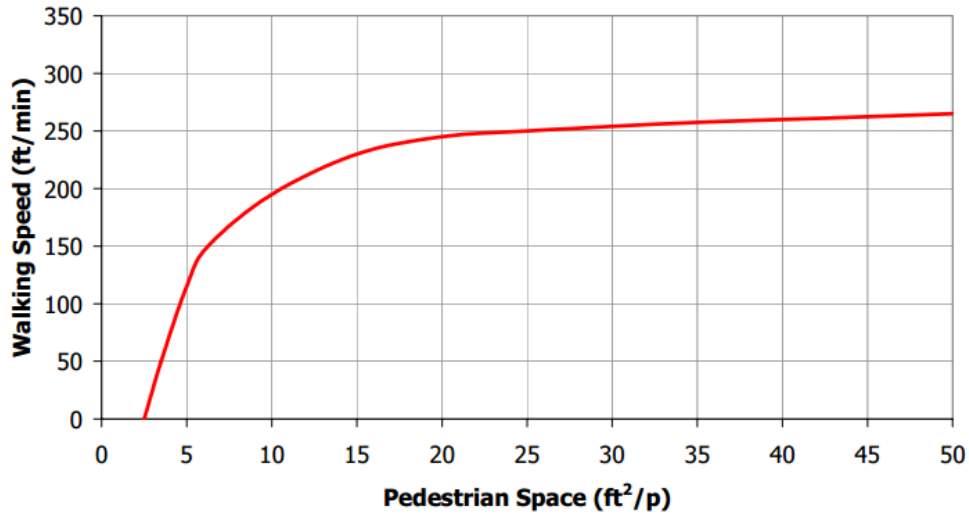


Figura 1-8 Relación entre Velocidad de Caminata y Espacio Peatonal

Fuente: TRB (2003)

1.7.3. Espacio Requerido

Los diseñadores de espacios peatonales usan la profundidad del cuerpo y el ancho de los hombros para los estándares de espacio mínimo. El espacio básico para un peatón solitario es una elipse del cuerpo de 0.5 m x 0.6 m con un área total de 0.3 m² como se muestra en la Figura 1-9. Esto representa el mínimo práctico para peatones a pie. En la evaluación de una instalación peatonal, un área de 0.75m² se emplea como el espacio de amortiguamiento para cada peatón.

De acuerdo con el HCM (2000), un peatón caminando requiere de cierta cantidad de espacio por delante. Este espacio por delante es la dimensión crítica que determina la velocidad del viaje y el número de peatones que están disponibles a pasar un punto por un periodo de tiempo dado. La Figura 1-10, muestra el espacio por delante categorizado dentro de una zona por donde se pasa y una zona sensorial.

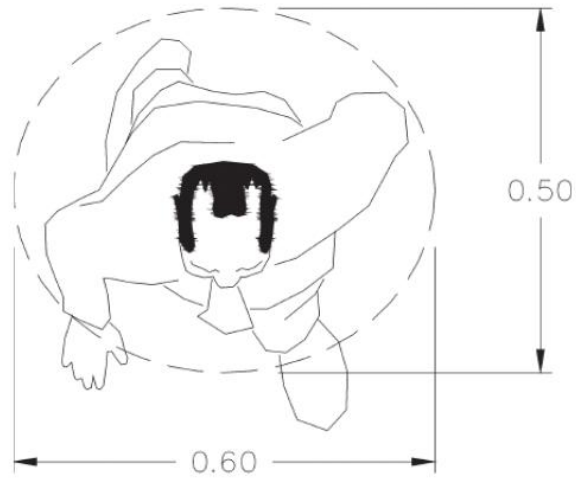
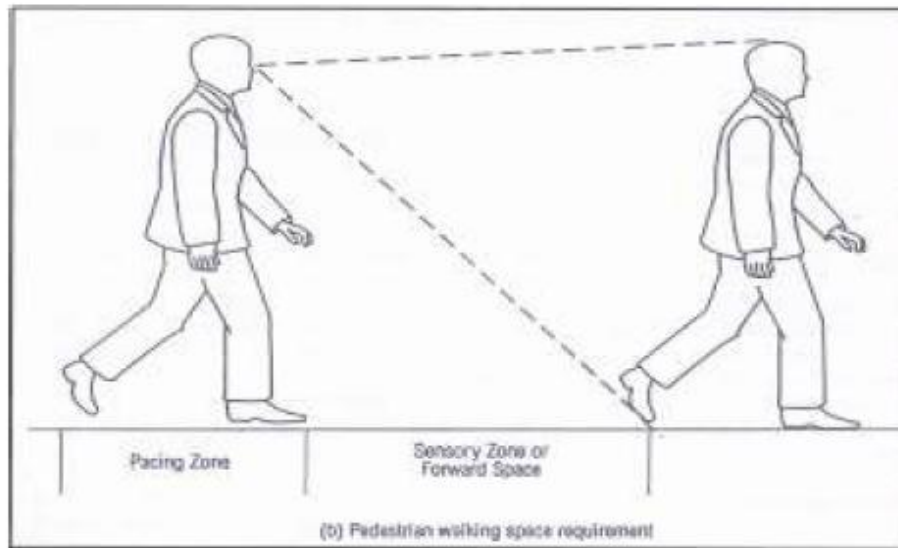


Figura 1-9 Elipse del cuerpo para un peatón de pie.

Fuente: Adaptado por Fruin (1971)



Source: Adapted from Fruin (1971)

Figura 1-10 Espacio requerido para un peatón caminando

Fuente: Adaptado Fruin

1.7.4. Ancho Efectivo de Pasillo

El factor final que afecta la capacidad del pasillo es el ancho efectivo disponible. Estudios han mostrado que los peatones mantienen cuando mucho 1.8-in (0.5m) de espacio de amortiguamiento entre ellos y las paredes adyacentes, bordes de las calles, orillas de plataforma, y otros obstáculos como basureros, postes con señalamiento y otros. En la práctica, el ancho de nuevos amortiguamientos depende del tipo de pared u obstrucción, el ancho total del pasillo disponible, y del nivel de congestión peatonal. En general, 19in. (0.5m) deben ser reducidos junto a las paredes y a los bordes de las plataformas y 12in. (0.3m) junto otras obstrucciones, incluyendo paredes mayores de 3 pies (1m) de alto.

La Figura 1-11, muestra la relación entre el flujo peatonal por unidad de ancho efectivo de pasillo y el espacio promedio peatonal. Las curvas se muestran en una dirección, bidireccional y multidireccional (flujo cruzado) de tránsito peatonal. Esta figura muestra que hay un rango relativamente pequeño de variación entre las tres curvas. Este hallazgo sugiere que el sentido contrario y el flujo cruzado no reducen significativamente las tasas de flujo peatonal.

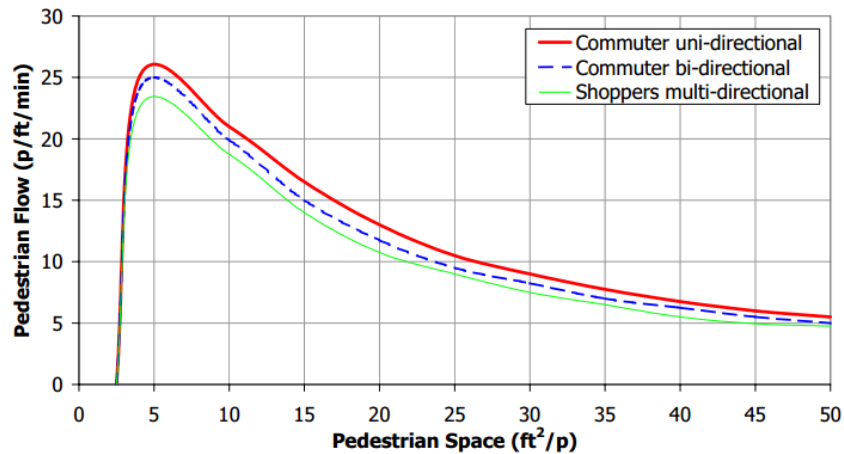


Figura 1-11 Relación entre Flujo Peatonal y Espacio Peatonal

Fuente: TRB (2003)

Como se muestra en la Figura 1-11, las tasas de flujo pico promedio máximas (26.2, 24.7, y 23.3 p/pi/min, u 86.0, 81.0 y 76.4 0/m/min, para una flujo direccional, bi-direccional y multidireccional, respectivamente) ocurren en una ocupación media de 5pies² (0.5m²) por persona. Esto representa la máxima calidad de servicio, una condición de congestión extrema y no refleja las necesidades de movilidad de personas con incapacidad, y crea una condición potencial de inseguridad. Por lo tanto, no debe ser usada como base de diseño. En su lugar, el enfoque del NS debe ser usado para diseñar de espacios peatonales.

1.7.5. Nivel de Servicio en Pasillos

La Tabla 1-6, muestra el criterio para NS peatonal en pasillos en instalaciones de tránsito. Estos Niveles de Servicio están basados en el espacio peatonal promedio y la tasa de flujo promedio. La velocidad promedio y la relación volumen-capacidad se muestran como criterio suplementario. La Figura 1-12, muestra ilustraciones gráficas y la descripción de los Niveles de Servicio en pasillos.

Los límites de los NS aquí mostrados difieren de aquellos que están en el HCM 2000. En el manual son primeramente para banquetas y esquinas de calle, mientras que los que aquí son vistos son usados típicamente para instalaciones de transporte público.

Tabla 1-6 Nivel de Servicio Peatonal en Pasillos

NS	Espacio Peatonal (pie ² /p)	Flujos y Velocidades Esperadas		
		Velocidad Promedio (pies/min)	Flujo por Unidad de Ancho, v(p/pie/min)	Tasa Volumen-Capacidad. (v/c)
A	≥35	260	0-7	0.0-0.3
B	25-35	250	7-10	0.2-0.4
C	15-25	240	10-15	0.4-0.6

D	10-15	225	15-20	0.6-0.8
E	5-10	150	20-25	0.8-1.0
F	<5	<150	Variable	Variable

Fuente: TRB (2003)

NS	Espacio Peatonal (m ² /p)	Flujos y Velocidades Esperadas		
		Velocidad Promedio (m/min)	Flujo por Unidad de Ancho, v(p/m/min)	v/c
A	≥3.3	79	0-23	0.0-0.3
B	2.3-3.3	76	23-33	0.3-0.4
C	1.4-2.3	73	33-49	0.4-0.6
D	0.9-1.4	69	49-66	0.6-0.8
E	0.5-0.9	46	66-82	0.8-1.0
F	<0.5	<46	Variable	Variable

Fuente: TRB (2003)



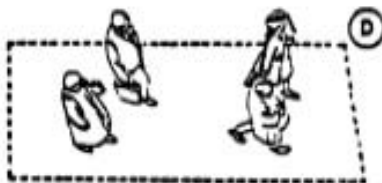
LEVEL OF SERVICE A
Walking speeds freely selected; conflicts with other pedestrians unlikely.



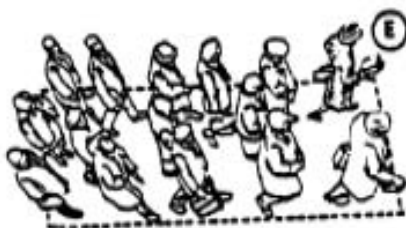
LEVEL OF SERVICE B
Walking speeds freely selected; pedestrians respond to presence of others.



LEVEL OF SERVICE C
Walking speeds freely selected; passing is possible in unidirectional streams; minor conflicts for reverse or cross movement.



LEVEL OF SERVICE D
Freedom to select walking speed and pass others is restricted; high probability of conflicts for reverse or cross movements.



LEVEL OF SERVICE E
Walking speeds and passing ability are restricted for all pedestrians; forward movement is possible only by shuffling; reverse or cross movements are possible only with extreme difficulty; volumes approach limit of walking capacity.



LEVEL OF SERVICE F
Walking speeds are severely restricted; frequent, unavoidable contact with others; reverse or cross movements are virtually impossible; flow is sporadic and unstable.

Figura 1-12 Ilustración de los Niveles de Servicio en Pasillos

Fuente: TRB (2003)

1.8. Procedimientos de Evaluación para determinar la capacidad en Pasillos Peatonales

El procedimiento de evaluación actual del nivel de servicio (NS) de un pasillo necesita ser hecho para evaluar el rendimiento del pasillo. Si el nivel de servicio actual es muy bajo, la condición en el pasillo será una gran multitud de personas y puede causar incomodidad a los peatones. Por lo tanto, es necesario determinar el nuevo ancho de pasillo y solucionar el problema.

El HCM 2000 ha usado la relación volumen-capacidad y velocidad peatonal para determinar los NS para un pasillo. Por otro lado se tiene el TCQSM que utiliza el espacio entre personas para volumen peatonal como medida para los NS de un pasillo. Para esta investigación el más preciso es el segundo porque toma en cuenta la velocidad peatonal y no es un área de espera sino que es un área de paso. La capacidad de los pasillos escogidos determinará cuantas personas pueden pasar por pasillos durante las horas pico de la semana. Esto da a pie a la discusión de cuál será el factor de diseño que afectará la capacidad del pasillo peatonal.

1.8.1. Factores de Diseño

La capacidad de un pasillo es controlada por los siguientes factores (TRB, 2003):

- Velocidad de caminata peatonal,
- Densidad de tránsito peatonal, y
- Ancho de pasillo.

De acuerdo al manual TCQSM, no es deseable que se diseñen los pasillos basados en la capacidad total pero sí en el NS peatonal deseado. El entorno peatonal deseable permite espacio suficiente para los peatones para (TRB, 2003):

- Caminar a la velocidad que ellos prefieran,

- Rebasar a los peatones más lentos,
- Evitar conflictos con los peatones que entran o se cruzan, e
- Interactuar visualmente con el entorno.

Los niveles de servicio mostrados en la Tabla 1-6, son una escala relativa para lograr el entorno deseable para los peatones.

1.8.2. Demanda Peatonal

Cuando se estima la demanda peatonal para una instalación en particular, es importante considerar breves periodos de máxima actividad y sobrecargas dentro del pico. Para propósitos de diseño generales, usualmente se recomiendan periodos de 15 minutos (TRN, 2003). Sin embargo, por los micro-picos (volúmenes altos temporales) que es probable que suceda, las consecuencias de estas mareas dentro de los periodos picos deben ser considerados. Debido a la frecuencia de picos intensos justo después de que llega un vehículo de transporte público y descarga a los pasajeros, el análisis de un periodo de tiempo menor puede ser apropiado para segmentos de pasillo cercanos a la plataforma de tránsito. Donde las frecuencias son muy cercanas, el tiempo entre los autobuses puede definirse como el período de análisis sobre estos segmentos. El micro pico, puede resultar en el incremento de una multitud para un periodo de tiempo, y la corta duración puede justificar el incremento temporal de una congestión y una cola de espera de poco tiempo.

1.8.3. Determinación del Ancho Requerido para Pasillos Peatonales

El procedimiento para determinar el ancho requerido para un pasillo de acceso a una estación, está basado en mantener un NS peatonal deseable. La Tabla 1-6, enlista el criterio para NS en pasillos. Estos niveles de servicio están basados en promedios de espacios peatonales y tasas de flujo promedio. El manual TCQSM

indica que flujo peatonal en el periodo pico deseable debe operar al menos en un NS "C". Los siguientes son los pasos para calcular el ancho requerido en un pasillo (TRB, 2000):

1. Basado en el NS deseado, escoger la tasa de flujo peatonal máxima (p/ft/min, o p/m/min) de Tabla 1-6.
2. Estimar la demanda del pasillo para un periodo pico de 15 minutos.
3. Multiplicar por un factor de ajuste apropiado para tomar en cuenta a los peatones que utilizan espacio adicional, tal como usuarios en silla de ruedas.
4. Calcular el flujo peatonal de diseño (p/min) dividiendo la demanda de 15 minutos entre 15.
5. Calcular el ancho efectivo requerido del pasillo (en pies o metros) dividiendo el flujo de diseño peatonal entre la tasa de flujo peatonal máximo.

1.8.4. Determinación de la Capacidad del Pasillo Peatonales

La capacidad de un pasillo está tomada para ser 25 p/ft/min (82 p/m/min), correspondiente a un NS "E". Por lo tanto para un ancho de pasillo dado, los siguientes pasos pueden ser usados para calcular la capacidad (TRB, 2003).

- 1) Calcular el ancho efectivo del pasillo (pies o metros) sustrayendo 3 pies (1m) u otra medida apropiada para las zonas de amortiguamiento del ancho del pasillo.
- 2) Calcular el flujo de diseño peatonal (p/min) multiplicando el ancho efectivo del pasillo por 25 p/pie/min (82 p/m/min).
- 3) Ajustar, cuando sea apropiado, a las características especiales de los peatones.
- 4) Calcular la capacidad peatonal (p/h) multiplicando el flujo peatonal de diseño por 60.

1.9. Conclusión

Después de revisar una cantidad considerable de literatura relacionada con el Nivel de Servicio, cómo se obtiene para algunas instalaciones de transporte y el impacto que este tiene en la percepción del usuario en cuanto a la operación de una instalación, se ha determinado la metodología a utilizar para poder aproximarse lo más posible a una buena evaluación del Nivel de Servicio que es brindado en las instalaciones de los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús mencionadas en el capítulo anterior. Con esto claro, es tiempo de comenzar el análisis de la toma de muestras realizadas en campo.

Capítulo 2. Estudios de Campo para Peatones

Estos estudios están orientados a conocer el comportamiento y desempeño de los peatones cuando se encuentran compartiendo los derechos de vía con las corrientes vehiculares. Todas las personas son peatones en algún momento de su recorrido, y como tales están en desventaja frente a los vehículos cuando se presentan conflictos, especialmente en las intersecciones. Por esta razón, su seguridad debe ser la mayor prioridad para la autoridad de tránsito. La caracterización del comportamiento peatonal generalmente se hace mediante la cuantificación de uno o varios de los siguientes parámetros:

- Volúmenes peatonales
- Velocidad de marcha peatonal
- Determinación de la brecha mínima segura
- Estudio de brechas en el tránsito
- Conflictos con los vehículos
- Comprensión y obediencia ante los semáforos y dispositivos de control de tránsito

En términos generales, los estudios peatonales se pueden aplicar para determinar la funcionalidad de los dispositivos existentes de control de tránsito, para calcular tasas de accidentes peatonales y para analizar los cruces de calles. Estos estudios permiten definir, planear y diseñar las mejoras y las operaciones de control apropiadas para la seguridad peatonal, tales como las protecciones en cruces escolares o la definición de la fase peatonal en los semáforos.

2.1. Estudio de Aforo Peatonal

También denominado aforo o conteo, es un estudio realizado comúnmente en ingeniería de tránsito, su objetivo es cuantificar la demanda de infraestructura peatonal, especialmente su variación (espacial y temporal), distribución (por sentidos o cruces en accesos de intersecciones) y composición (de acuerdo con

los atributos de los peatones, como género, edad y ocupación). Los aforos peatonales son comúnmente realizados mediante sensores que el peatón generalmente no detecta, como pueden ser las cámaras de video, sin embargo, su utilización en los aforos implica contar con software especializado, por lo que el método más usado es el conteo manual a cargo de un aforador.

Los flujos peatonales son significativos en los centros urbanos y debe ser tomados en cuenta en el planeamiento y diseño de las instalaciones peatonales. El volumen registrado en un aforo o conteo se denomina volumen actual y se expresa en unidades de peatones/hora.

La manera más sencilla para el registro de volúmenes peatonales es mediante aforos manuales con ayuda de contadores mecánicos y el uso de formatos de campo, previamente diseñados, en los cuales se puede contemplar cualquier clasificación peatonal deseada.

Los aforadores pueden hacer los conteos desde el interior de un vehículo siempre y cuando su visual no esté obstruida y no interfiera con la circulación normal de vehículos y peatones.

Los objetivos de un estudio de volúmenes peatonales son principalmente: medir los volúmenes de personas que circulan en una instalación peatonal e identificar los sitios críticos de flujos peatonales que ameriten un estudio más detallado para la planeación y diseño de mejoras.

2.1.1. Procedimiento en Campo

Los volúmenes se deben aforar en los accesos de una intersección, en los pasos peatonales o en una acera o un punto a mitad de cuadra. Los períodos de aforo normalmente corresponden a los días y horas críticas o de máxima demanda, que es cuando normalmente se presentan la mayoría de los problemas.

2.1.2. Personal y equipo

Un observador puede fácilmente aforar una intersección semaforizada de cuatro accesos, con un solo carril con bajos volúmenes de peatones y si no se requieren clasificaciones ni conteos direccionales. Al incrementar los parámetros a observar se incrementa la complejidad y la necesidad de aforadores adicionales.

Normalmente se requieren dos aforadores por intersección. Un observador puede aforar el paso peatonal norte y el oeste, mientras que otro afora el sur y el oriente, siempre y cuando en cualquier momento sólo esté activo un cruce peatonal para cada observador. Si el volumen peatonal es muy alto, cada aforador se encargará de un sólo acceso o ramal.

La responsabilidad se puede dividir entre los observadores de diferentes maneras. Una manera es que un aforador se encargue del registro de cierta clase de peatones, mientras que el otro registra el volumen total, o que cada uno se encargue de un determinado acceso. En sitios complejos se puede asignar un observador individual para los peatones o para una clasificación particular. También se puede programar una persona que tiene la función de relevar a los otros observadores sobre la base de un esquema de rotación. En sitios con altos flujos peatonales y vehiculares se recomienda que los aforadores y observadores sean relevados periódicamente para evitar la fatiga y la reducción de su desempeño. Se debe procurar darles descansos de 5 a 10 minutos cada hora. Si los períodos de conteo son mayores a ocho horas, se deben dar descansos de 30 a 45 minutos cada cuatro horas. Los conteos manuales solo requieren de cronómetro, tabla de apoyo, lápiz y formatos y si hay disponibilidad, de contadores mecánicos. Siempre se requiere un período de capacitación y entrenamiento de los aforadores u observadores, para que se familiaricen con el procedimiento y el uso de los equipos.

2.1.3. Tamaño de la muestra

En los estudios de volúmenes peatonales, las observaciones se hacen durante cierto período de tiempo representativo de las condiciones del sitio o instalación. Para garantizar una muestra con validez estadística y un análisis adecuado de los volúmenes peatonales, Robertson, recomienda que la duración de los períodos de conteo típicos sean las siguientes:

- **Dos (2) horas para un período pico.**
- Cuatro (4) horas para los períodos picos mañana y tarde
- Seis (6) horas para períodos en la mañana, medio día y tarde
- Doce (12) horas para el tiempo diurno (7:00 a.m. -7:00 p.m.)

El intervalo de conteo de corta duración puede ser de 1, 5, 10, 15, 30 ó 60 minutos. Los intervalos típicos para conteos peatonales son de 15 y 60 minutos de duración. Los conteos de peatones en intersecciones semaforizadas pueden resumirse por ciclos de semáforo. Los conteos obtenidos durante intervalos de corta duración se pueden expandir mediante varias técnicas con el fin de estimar los valores durante todo el período de estudio.

2.1.4. Método

- Inicialmente se debe adelantar la labor de planeación del trabajo de campo que permita: a) tener una estimación de los flujos peatonales en los sitios de estudio para definir el número necesario de aforadores para la toma de información; b) definir directamente en el sitio, la ubicación más favorable para los aforadores; c) capacitar al personal de aforadores sobre el diligenciamiento del formato y utilización de los equipos disponibles para garantizar la confiabilidad en la recolección de los datos, asignarles las tareas, e indicarles las responsabilidades y compromisos; d) distribuir el material y equipo necesario para el estudio entre los aforadores y sus credenciales o carnets de identificación.

- Los aforadores deben llegar al sitio de campo antes de la hora programada acompañado con cronómetro, formatos, lápices, y si se disponen, de los contadores mecánicos y ubicarse en la posición más favorable por visibilidad y comodidad de acuerdo con el acceso o paso peatonal que se le haya asignado.
- Cada aforador debe concentrar su atención en el registro preciso de cada conteo, en el sitio apropiado, en el formato apropiado, contabilizando los peatones que pasan el cruce y totalizando cada minuto o por períodos de 15 minutos, según el tipo de intersección.
- Los flujos peatonales pueden variar en pequeños incrementos de tiempo. En intersecciones no semaforizadas, los peatones que esperan para el cruce, deben contarse cada minuto o menos según convenga. En las intersecciones semaforizadas, los conteos se deben hacer al inicio de cada intervalo de la fase peatonal. Normalmente se deben observar el grupo de peatones que esperan cruzar la calle en intervalos periódicos, y se totalizan por ciclo del semáforo.
- En cualquiera de los formatos de campo que se utilicen, se debe registrar el paso de un peatón mediante una raya o marca en la respectiva columna de conteo correspondiente a la dirección y tiempo de aforo. El aforador se ubica en la esquina asignada de acuerdo con la programación del trabajo y debe contabilizar los peatones que van y vienen por su lado derecho, así como los que cruzan la intersección en diagonal.
- Se debe registrar cualquier evento atípico o anormal de tránsito, tal como accidentes, actividades de mantenimiento u otros eventos que pueda conducir a conteos anormales de tránsito y afectar los resultados del estudio.
- Se debe anexar el croquis de la intersección que la identifique plenamente mediante la dirección y orientación, la posición del observador, los sentidos

de circulación y la información que considere relevante relacionada con el estudio.

- Una vez finalizado el período de conteo, el aforador debe verificar que el diligenciamiento del formato de campo esté completo, lo firma y lo entrega al coordinador o supervisor del estudio para el archivo clasificado y posterior procesamiento.

2.1.5. Formatos de campo

En la Tabla 2-1 se presenta el modelo recomendado de formato de campo para el registro de volúmenes peatonales durante una hora.

En el encabezamiento lleva el nombre del proyecto en ejecución, el nombre del estudio a adelantar y la razón social tanto de la entidad contratante como de la firma contratista que realiza el trabajo.

En la sección de identificación se registra la fecha y día del estudio en formato día, mes y año; el nombre o identificación de la intersección dada por la dirección o ubicación exacta; las horas del período o intervalo de aforo dadas por las horas de inicio y hora final en formato militar (0 -24 horas); indicar el ramal observado encerrando la convención correspondiente (N -(1), S-(2), W-(3) ó E-(4)) en un círculo, teniendo en cuenta la dirección, sentido y orientación del ramal; registrar el estado del tiempo prevaleciente durante el aforo (bueno, regular malo, o soleado, nublado o lluvioso), la numeración secuencial de las hojas y el total de formatos utilizados en el período de aforo (se requiere un formato por cada hora de aforo). Finalmente se registran los nombres del aforador y del supervisor del estudio. En la parte derecha no se debe olvidar hacer el croquis de la intersección indicando los movimientos observados, la posición del aforador y la orientación de la dirección Norte.

En el cuerpo del formato se encuentran las columnas del “Tiempo” acumulado en minutos (de 1 a 60), ya que el formato está diseñado para un período de una hora dividido en intervalos de tiempo de un minuto.

Tabla 2-1 Estudio de Volúmenes Peatonales

ESPACIO PARA EL NOMBRE DEL PROYECTO EN EJECUCIÓN		ESTUDIO DE VOLÚMENES PEATONALES <i>FORMATO DE CAMPO</i>					ESPACIO PARA CONSIGNAR LA RAZÓN SOCIAL Y/O LOGOTIPO DE LA ENTIDAD CONTRATANTE Y DE LA FIRMA CONSULTORA						
Fecha: (D.M.A): _____ Hora inicio: __ Hora final: _____ Condición Climática: _____ Aforador: _____		Intersección: _____ Ramal: N-(1) S-(2) W-(3) E-(4) Hoja: _____ De: _____ Supervisor: _____					Croquis:						
Tiempo (minutos)	Movimiento Aforado						Tiempo (minutos)	Movimiento Aforado					
	1 (vienen)	Total	2 (van)	Total	3 (diagonal)	Total		1 (vienen)	Total	2 (van)	Total	3 (diagonal)	Total
1							31						
2							32						
3							33						
4							34						
5							35						
6							36						
7							37						
8							38						
9							39						
10							40						
11							41						
12							42						
13							43						
14							44						
15							45						
16							46						
17							47						
18							48						
19							49						
20							50						
21							51						
22							52						
23							53						
24							54						
25							55						
26							56						
27							57						
28							58						
29							59						
30							60						
Observaciones:													

Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte

En las columnas de “Movimiento aforado” se registra el paso de cada peatón mediante una raya, o formando cuadrado con una diagonal para el registro del paso de cinco peatones. Estos registros se discriminan por tipo de movimiento (vienen, van y diagonal) de acuerdo con la convención adoptada. En el pie del formato, aparecen unas líneas para registrar las observaciones o aclaraciones que se consideren relevantes y que puedan servir de explicación a situaciones anormales o de justificación de los datos recolectados. Los formatos deben llevar la firma del supervisor y del aforador.

2.2. *Estudio de Velocidad Peatonal*

El objetivo de realizar este estudio es evaluar el desempeño de los usuarios en el uso de la infraestructura, y llegar a determinar los parámetros adecuados para realizar un diseño de optimización de ésta. Es un indicador asociado al nivel de servicio de la infraestructura. La velocidad de caminata se mide principalmente utilizando técnicas de observación directa en campo, esta observación suele realizarse en una base con longitud predeterminada, y la medición del tiempo de caminata en la misma. También se puede utilizar software existente para los teléfonos inteligentes el cuál es muy práctico para este estudio.

Los factores que influyen en la velocidad de marcha peatonal están relacionados con el peatón (edad, sexo, nivel de estado físico, densidad), con la vía (pendiente, ancho del cruce), con las condiciones atmosféricas prevalecientes y la corriente de tránsito.

Las velocidades típicas de marcha peatonal están entre 0,75 a 2,0 m/s. El Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD, 1997, 4D7) de la Federal Highway Administration de Estados Unidos supone que la velocidad normal de marcha peatonal es 1,2 m/s, pero también sugiere hacer un ajuste a este criterio normativo cuando la velocidad predominante de marcha peatonal es menor de 1,0 m/s. Se deben hacer estudios de velocidad de marcha peatonal cuando hay un número significativo de peatones que pasan a velocidades mayores o menores de 1,2 m/s.

Este es un parámetro utilizado en varios estudios peatonales por ejemplo para la aceptación de brechas en cruces escolares y estudios de fases de semáforos.

Las velocidades peatonales se evalúan por calzada. Cuando los accesos a la intersección sean de calzadas divididas con separador central, se debe tener en cuenta que la permanencia del peatón en este elemento es una demora en el momento de cruzar la vía; por tanto, se deben registrar tiempos de recorrido independientes para cada una de las calzadas que conforman la vía en cuestión.

Para diferenciar cada una de las calzadas de una misma vía se recomienda utilizar letras consecutivas, empezando con "A" para la calzada más cercana al observador, correspondiendo a la calzada del ramal o acceso que esta aforando.

El principal objetivo de este estudio es determinar la rapidez con que circulan los peatones a través de una calle o paso peatonal.

Planeación

El estudio debe hacerse en el sitio (intersección, cruce o acera) y las condiciones de interés (períodos críticos o de máxima demanda). Normalmente este estudio se hace simultáneamente con los estudios de volúmenes peatonales para establecer mejor las características operacionales del sitio.

Se puede hacer con uno o más observadores, dependiendo de la variación de las condiciones con el tiempo y el número de clases de datos deseados. Sólo se requiere cronómetro, tabla de apoyo o planilleras, lápiz, formatos de campo y una cinta métrica para medir el ancho de los pasos peatonales.

Generalmente es suficiente una muestra de 100 observaciones para caracterizar la velocidad de marcha peatonal en un cruce.

En la Sección de identificación, se debe registrar la información temporal, anotando la fecha y día de la semana en formato día, mes y año correspondiente a la toma de la información de campo; la hora del período de aforo en formato militar (0 a 24 horas) indicando la hora de inicio, la hora de terminación y las condiciones atmosféricas prevalecientes durante la medición (buena, regular, mala, o soleado, nublado o lluvioso). También se registra la información espacial indicando la localización de la intersección o cruce mediante la dirección o la ubicación exacta. Se debe encerrar en un círculo la ubicación geográfica correspondiente del ramal (N-(1), S-(2), W-(3) o E-(4)) y anotar en metros los valores de los anchos medidos para cada uno de los accesos (Norte, Sur, Este u Oeste). En caso que los accesos no coincidan con estas orientaciones, se puede utilizar la combinación de las letras N, S, E y W. (ejemplo: SE, NW). Finalmente se deben escribir los nombres del aforador y supervisor y llevar la numeración secuencial de las hojas utilizadas y el total diligenciado.

En el Cuerpo del formato se tienen diez columnas donde se registran los tiempos que tardan los peatones observados en recorrer la distancia marcada en cada uno de los accesos o movimientos. En el encabezado de cada columna se debe registrar inicialmente la codificación asignada a cada acceso de acuerdo con los criterios explicados anteriormente. En el Pie del formato se anotan las observaciones o aclaraciones que puedan afectar los resultados del estudio, las firmas del supervisor y aforador

Ejecución

Entre las actividades de ejecución del estudio están las siguientes: a) definir exactamente los sitios de cruce peatonal y marcar los puntos donde el peatón desciende del andén para iniciar el cruce y donde se sube nuevamente al andén o separador al otro lado de la calzada después de cruzar el paso peatonal; b) seleccionar la mejor ubicación del observador, en un sitio donde tengan un campo de visión claro y donde no distraigan a los peatones que pasan; c) capacitar a los aforadores en el diligenciamiento del formato y manejo del cronómetro y

asignarles las tareas respectivas; d) distribuir los formatos, elementos y equipos necesarios y el carné de identificación.

Los aforadores deben arribar al sitio de trabajo con anticipación para medir y registrar las distancias de cruce en cada uno de los accesos a las intersecciones o pasos peatonales y ubicarse en el sitio de observación seleccionado o más favorable.

Al iniciar el período de estudio, se debe cronometrar y registrar simplemente el tiempo que gastan las personas individuales en recorrer la distancia medida desde el cruce o los cruces peatonales hasta completar el tamaño de muestra requerida.

Procesamiento y obtención de resultados

Los cálculos de velocidad de marcha peatonal individual se obtienen dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo observado.

Al conjunto de velocidades calculadas por ramal o acceso, por dirección o por toda la intersección, se hace un estudio de estadística descriptiva mediante un análisis de frecuencias y clasificación por clases. Finalmente se grafica el porcentaje acumulado de observaciones por clase, obteniendo una curva de velocidad acumulada, de la cual se pueden derivar varios percentiles de velocidad. El percentil 15 es el valor generalmente aceptado para utilizar.

2.3. *Estudio de Densidad Peatonal*

Se realiza con el fin de encontrar condiciones operativas, especialmente cuando se trata de evaluar atributos como la comodidad. Existen dos condiciones que deben considerarse en los estudios de densidad: peatones en movimiento y peatones en áreas de espera. Los estudios para determinar densidad peatonal suelen basarse en observación directa en campo pero debe tenerse en cuenta que

la densidad es una variable estática y por esta razón su observación manual suele ser dispendiosa.

El método de medición manual de la densidad se basa en definir previamente un área o áreas de observación, estas áreas deben tener un tamaño lo suficientemente grande como para tener buena probabilidad de que en un instante dado se observe un número significativo de peatones. Pero el tamaño debe ser lo suficientemente pequeño para que la observación sea instantánea, de manera que no entren ni salgan peatones al área considerada durante la observación. El método más utilizado para determinar densidad es la utilización de cámara de video o cámara fotográfica puesto que sobre una imagen puede contarse el número de peatones por unidad de área con precisión. Usualmente suele determinarse indirectamente la densidad, sin recurrir a su medición, a partir de la ecuación fundamental del flujo vehicular, con base en conteos de flujo y determinación de velocidad media espacial.

2.3.1. Estudio de Nivel de Servicio Peatonal en Nueva York

A continuación se presenta un estudio realizado en la ciudad de Nueva York, el cual involucra aforos y densidades peatonales. El objetivo de mostrar este estudio es tener una base para realizar una comparación de lo que se realizó en Nueva York y lo realizado en las estaciones de Metrobús.

Impedancia y Comportamiento en la caminata.

La cámara ha demostrado ser útil a los investigadores de instalaciones peatonales en el pasado. El procedimiento de videograbación permite capturar un gran volumen de datos peatonales para un período prolongado de tiempo, liberando a los investigadores de encuestas y dando la oportunidad de analizar los datos

capturados en video más adelante. Dependiendo del sitio filmado, la cámara de vídeo se configuró en un espacio discreto al lado de la acera y capturó las características de la instalación así como características peatonales que pudieron no haber sido vistas por el ojo del investigador durante los captura proceso de datos in situ. En este estudio, se han recogido extensos videos de tránsito en la banqueta, sobre todo en un esfuerzo por analizar comportamiento peatonal de caminar y cómo es afectado por obstáculos de la acera.

A continuación se muestra como seleccionaron el sitio en este estudio:

Selección del sitio

Para grabar en este estudio, la cámara se colocó encima de un trípode alto de 80 pulgadas, que creó una vista elevada. Esta vista reconoce las características peatonales y patrones de tráfico de la acera de una manera más clara que sería una vista menos elevada. Estudios previos han colocado cámaras en andamios o filmado desde las ventanas de los edificios contiguos a la acera, con el fin de crear una vista aérea (aunque más pronunciada) similar. La captura de la acera desde arriba minimiza la distorsión de la perspectiva y permite a un investigador asimilar el área de estudio a una geometría plana sobre la que proyectar coordenadas cartesianas y dibujar líneas de medición imaginarias o rejillas para análisis detallado. El escenario ideal incluiría dos cámaras filmando simultáneamente: una cámara arriba para facilitar el análisis de las trayectorias y las mediciones de distancias a los obstáculos y una cámara de nivel de los ojos para capturar características peatonales. En este estudio, un punto de vista completamente vertical fue considerado pero se decidió que no era viable, debido a las necesidades de flexibilidad en la selección del sitio. El tripie elevado sería la aproximación disponible más cercana a un punto de vista completamente vertical, y permitiría observar características peatonales.

A continuación se muestra como hicieron la preparación de la película:

Preparación de la Película

Antes de la filmación de cada banqueta, la geometría de la instalación de aceras y sus alrededores fueron observados. La anchura de la acera, la distancia entre las características reconocibles (como las juntas del pavimento), ancho de mobiliario urbano y su distancia de bordillos y aceras relacionados con características fueron medidos. Una "zona de análisis" o zona de estudio, que es una zona rectangular dentro de las instalaciones de la acera, se midió con una regla de la cadena de 30 pies con atado cúpulas reflexivos en intervalos de 5 pies y fue fotografiada en la acera para su uso posterior en la fase de análisis del ordenador. La zona de análisis era típicamente 30 pies tanto ancho como largo de la acera. Se utilizaron los intervalos de 5 pies entre cúpulas reflexivos en la fase de análisis de computadora para medir y dibujar líneas horizontales para el análisis de flujo peatonal.

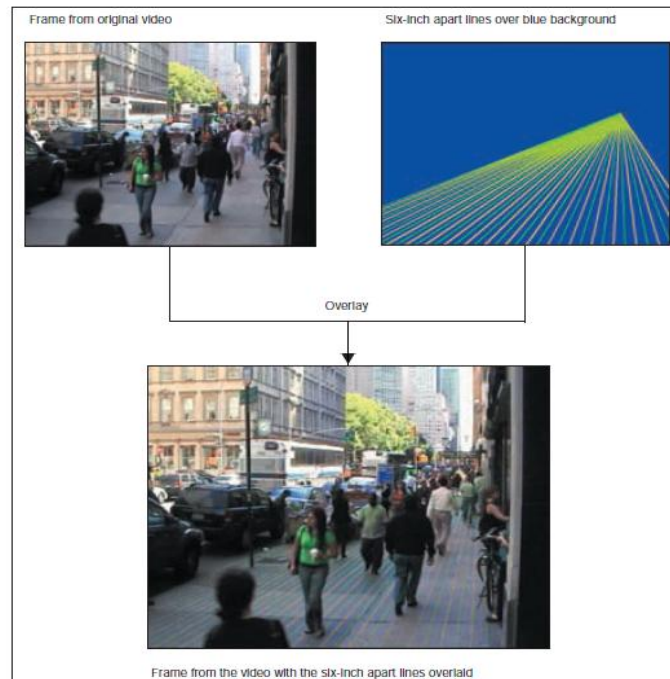


Figura 2-2 Videos con líneas sobrepuestas a 6 pulgadas de separación

Además, una regla grande, personalizada fue utilizada inicialmente para medir intervalos de 6 pulgadas a lo ancho de la acera. El gobernante se extendió a lo largo de la anchura de la acera y se fotografió para su uso en la fase de análisis del ordenador. Este dispositivo de regla consistió en una hoja de vinilo negro ancho de veinte pies con líneas verticales blancas espaciados a 6 pulgadas de distancia y se desplegó cuando el tránsito era ligero o inexistente. Si había tránsito en la acera, a los peatones se les decía que esperaran para continuar, para evitar posibles accidentes. La imagen tomada de la regla desplegada fue utilizada en un programa de computadora para sacar una serie de líneas en la tierra, 6 pulgadas de distancia y paralelo a la línea de la acera, para el análisis de movimientos laterales peatonales. La regla era negra y amplia con el fin de bloquear el color de la acera en la que fue desplegada (mejorar su visibilidad), y sus líneas de

medición eran blancos para contrastar con su fondo negro para una fácil identificación en el proceso de dibujo de línea.



Figura 2-3 Malla de Análisis de Obstáculos para el Video

Aquí se muestra como realizaron los aforos:

Aforos

Una vez que se ha observado la geometría de la acera y se han tomado las fotografías adecuadas para el análisis en computadora, el rodaje del tránsito en la acera comenzó. Con el fin de asegurar la exactitud de los aforos basadas en película y considerar aspectos del tránsito de la acera que no han sido evidentes en la película, se realizaron los siguientes aforos durante la filmación de cada 15 minutos.

Tránsito peatonal – entrando o saliendo de edificios cuyas puertas se encuentran adyacentes a la zona de estudio, en lapsos de 5 minutos

Tránsito Vehicular – adyacente al estudio de la zona (tomando nota de la existencia) o la inexistencia de un espacio entre la acera y la calle, que habitualmente consiste de un carril de estacionamiento o jardineras para el total de 15 minutos

Flujo peatonal – por dirección en intervalos de un minuto. Además, la poca velocidad de peatones seleccionados al azar fue observada en todo el sitio en periodos de 15 minutos, midiendo una longitud en la acera (aproximadamente 30 a 40 pies de largo, dependiendo de la ubicación) y cuánto tiempo tomó a los peatones atravesar la longitud medida. También se observaron las características de los peatones de la prueba de velocidad.

A continuación se muestra como se seleccionó el sitio de control:

Sitio de Control

Un sitio de control para la película fue elegido en la acera oeste en Broadway entre las calles de Reade y Duane. Se trataba de un sitio cuyas variaciones en tránsito peatonal y características ambientales fueron utilizadas para medir contra los de los sitios de estudio "experimental". El sitio de control fue filmado durante 15 minutos cada día. El sitio de control fue en una acera relativamente ocupada y la filmación fue elegida para un tiempo de 15 minutos. La grabación del sitio de control sirve como un dispositivo regulador, lo que permite la observación de anomalías no específicas debido a las características del día de filmación en particular, que también podrían afectar el área de estudio que se visitó el mismo día. La película de control puede mostrar variaciones en el tránsito que no necesariamente habrían sido las únicas en el sitio de estudio filmado. Si el tránsito en el sitio de control fue significativamente distinto en un día que en los demás por razones no específicas para el sitio, algunas observaciones particulares podrían hacerse sobre anomalías similares en el tránsito en el sitio de estudio para ese día.

Capítulo 3. Estudios de Campo en Estaciones del Metrobús Seleccionadas

3.1. *Inventario de Infraestructura*

Los pasillos de acceso a la estación de Perisur cuentan con un ancho de 2.02m y tiene barandales en ambos costados, botes de basura y cuenta con 15 lámparas para tener visibilidad y mayor seguridad en la noche.



Figura 3-1 Estación Perisur

Fuente: Elaboración Propia

En la estación de Villa Olímpica se tiene el mismo ancho de pasillo de 2.02m también cuenta con barandales en los costados, botes de basura a la entrada de la estación y 19 lámparas para mayor seguridad de los usuarios. Cabe mencionar que el pasillo tiene una palmera la cual nos da una reducción en el pasillo de 85cm al ancho total de 2.02m en esa sección.



Figura 3-2 Pasillo Perisur

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3-3 Pasillo Villa Olímpica

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Aforo Peatonal

En la Figura 3-4, se reportan los volúmenes peatonales de salida de las estaciones mencionadas en este trabajo, las cuales son las únicas de la línea 1 del Metrobús que tienen acceso a la estación mediante pasillos de acceso. La estación de Perisur es la cuarta con mayor demanda en la línea 1.

A continuación se muestran los datos recolectados durante el muestreo en las estaciones de Perisur y Villa Olímpica. De la Tabla 3-1 a la Tabla 3-4. Y las gráficas de la Figura 3-5 a la Figura 3-8.

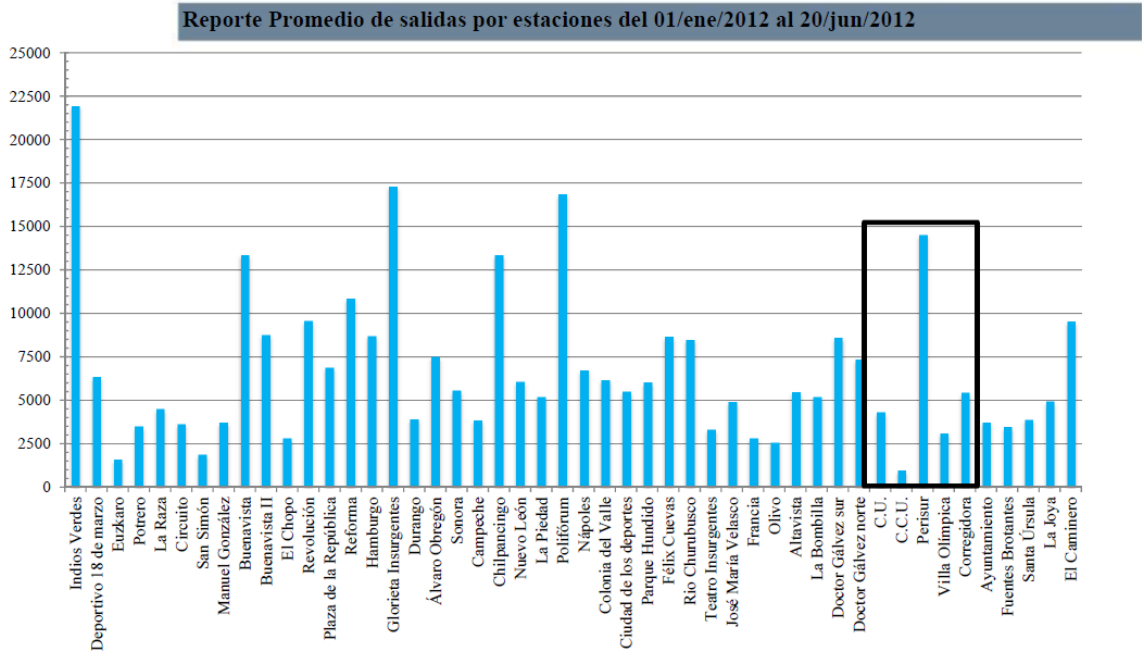


Figura 3-4 Reporte Promedio de Salidas por Estaciones

Fuente: Metrobús (2012)

Tabla 3-1 Volúmenes Entre Semana (Perisur Día)

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen
07:30 - 07:45	214	187
07:45 - 08:00	193	166
08:00 - 08:15	288	143
08:15 - 08:30	247	194
08:30 - 08:45	235	213
08:45 - 09:00	186	237
09:00 - 09:15	171	156
09:15 - 09:30	143	165

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 3-2 Volúmenes Entre Semana (Perisur Noche)

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen
19:30 - 19:45	160	162
19:45 - 20:00	113	272
20:00 - 20:15	102	180
20:15 - 20:30	124	190
20:30 - 20:45	111	118
20:45 - 21:00	87	150
21:00 - 21:15	86	200
21:15 - 21:30	55	128

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 3-3 Volúmenes Entre Semana (Villa Olímpica Día)

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen
07:30 - 07:45	34	101
07:45 - 08:00	25	213
08:00 - 08:15	32	177
08:15 - 08:30	42	171
08:30 - 08:45	29	223
08:45 - 09:00	56	361
09:00 - 09:15	51	219
09:15 - 09:30	38	113

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 3-4 Volúmenes Entre Semana (Villa Olímpica Noche)

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen
19:30 - 19:45	151	14
19:45 - 20:00	157	36
20:00 - 20:15	157	39
20:15 - 20:30	191	48
20:30 - 20:45	132	37
20:45 - 21:00	96	28
21:00 - 21:15	69	22
21:15 - 21:30	29	17

Fuente: Elaboración Propia (2013)

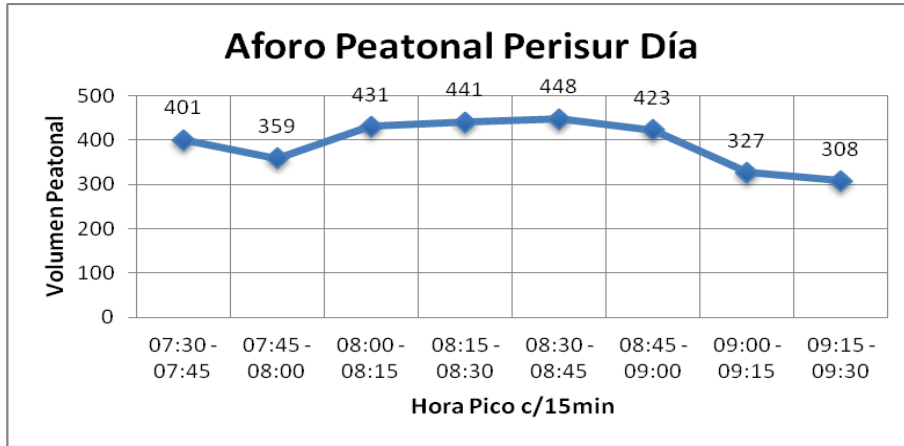


Figura 3-5 Aforo Peatonal Perisur Día

Fuente: Elaboración Propia (2013)

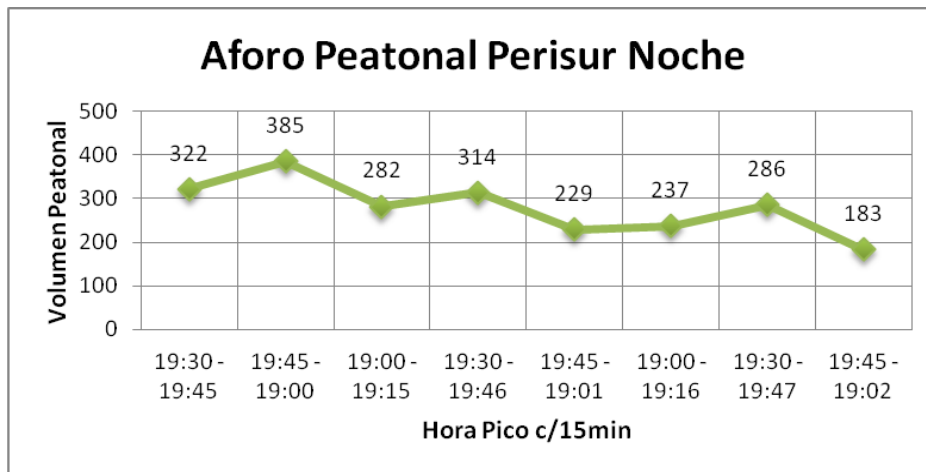


Figura 3-6 Aforo Peatonal Perisur Noche

Fuente: Elaboración Propia (2013)

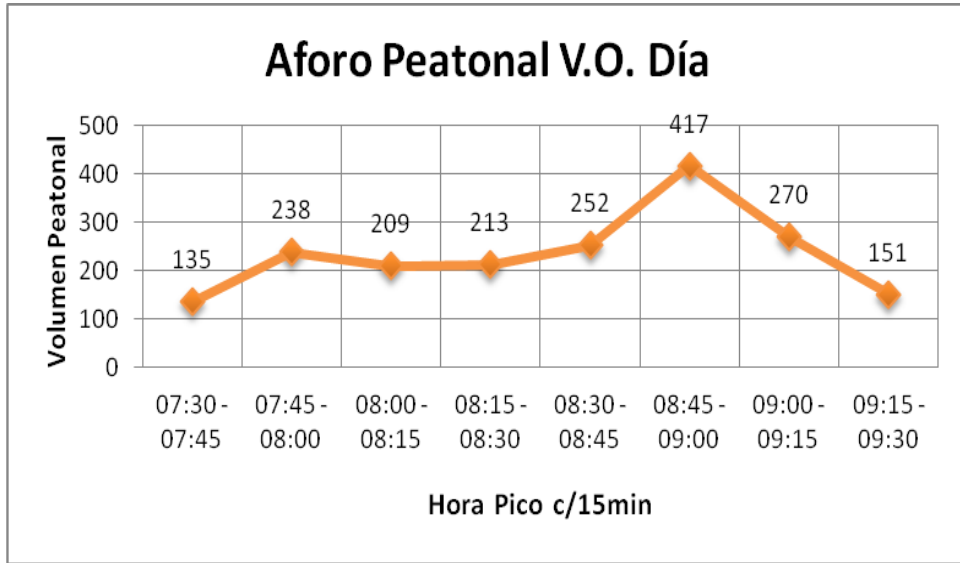


Figura 3-7 Aforo Peatonal Villa Olímpica Día

Fuente: Elaboración Propia (2013)

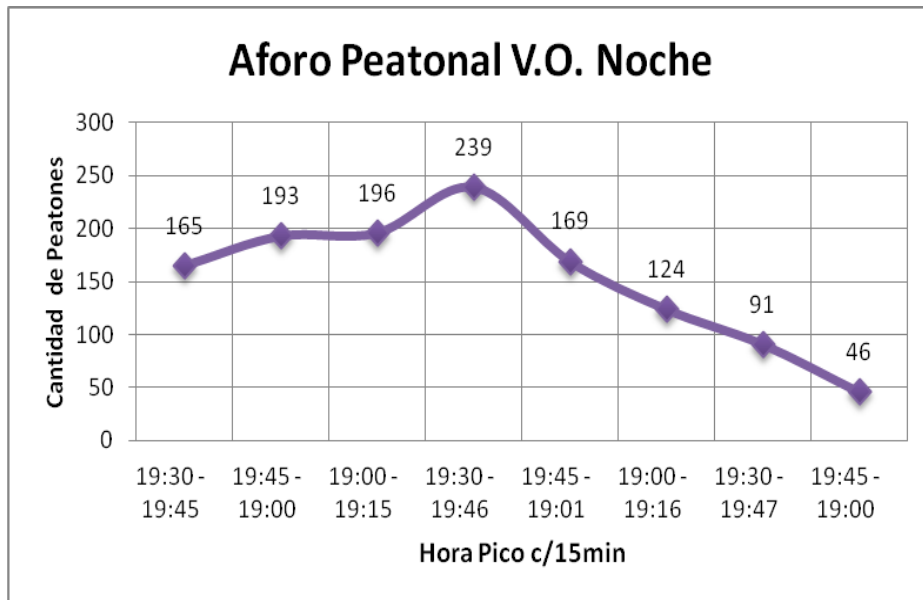


Figura 3-8 Aforo Peatonal Villa Olímpica Noche

Fuente: Elaboración Propia (2013)

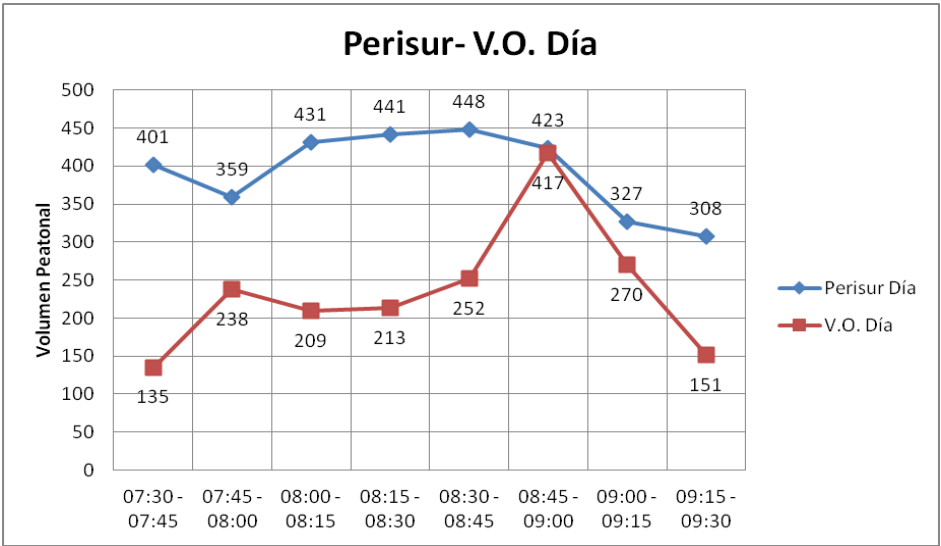


Figura 3-9 Comparación Perisur-V.O. Día

Fuente: Elaboración Propia (2013)

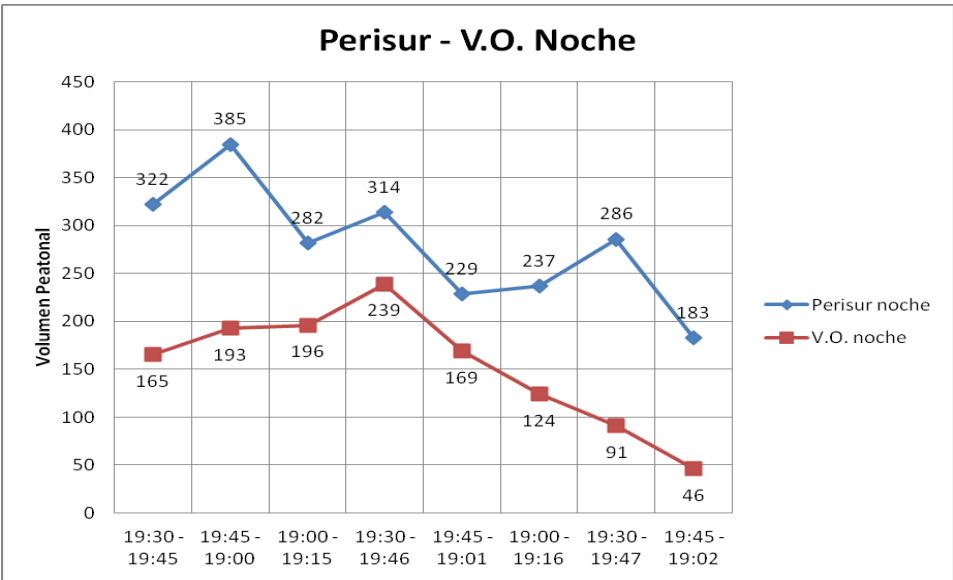


Figura 3-10 Comparación Perisur-V.O. Noche

Fuente: Elaboración Propia (2013)

3.3. Velocidad Peatonal

Se presentan los datos de velocidades peatonales tomados los mismos días en las estaciones seleccionadas.

Se utilizó el método de “trampa” o “longitud base” que fue adaptado mediante programación en una aplicación para Smartphone, en la Figura 3-11 Interfaz de la aplicación para sistema operativo Android, se observa la interfaz de la aplicación. La observación se realiza en una longitud fija predeterminada, la aplicación toma el tiempo entre el que el observador toca el botón de iniciar y detener, dando como resultado la velocidad. Los datos son afectados por el tipo de vehículo que se puede modificar en cada toma de muestra. En este caso solo varió entre peatón hombre o peatón mujer. A continuación se muestran las capturas de pantalla de la aplicación.

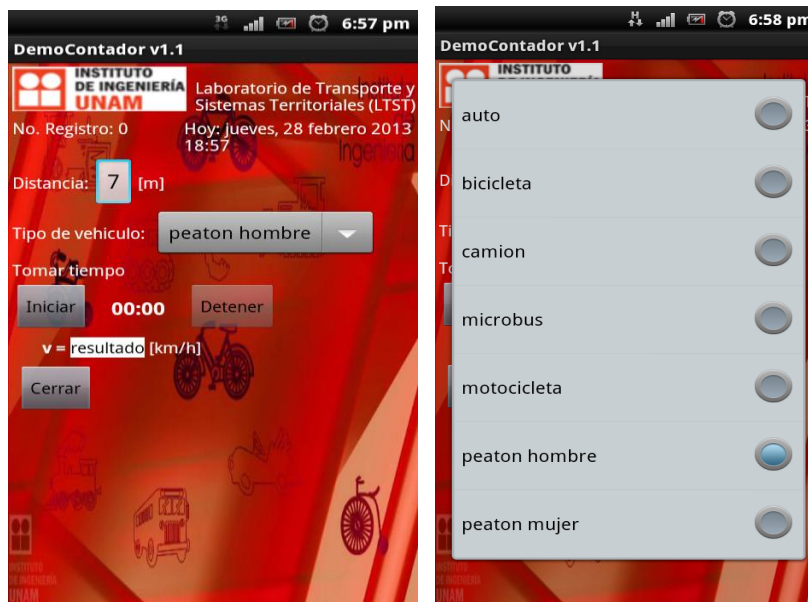


Figura 3-11 Interfaz de la aplicación para sistema operativo Android

Fuente: Instituto de Ingeniería UNAM (2012)

3.4. Densidad y Espacio Peatonal

Como ya se definió anteriormente, al número promedio de personas por unidad de área dentro de un pasillo o un área de espera se le llama densidad. En este caso, las medidas consideradas para la estación de Perisur y Villa Olímpica fueron de 7m de largo por 1.72m de ancho efectivo dando un área de 12.04m².

También se determinó el espacio peatonal que está definido por el área promedio usada por cada peatón en un pasillo o área de espera, esto es inverso a la densidad, pero es una unidad más práctica para el análisis de instalaciones peatonales.

Mediante las fotografías a cada minuto se determinó el número de personas que hay en el área especificada de 12.04m²

A continuación se muestran las tablas con los datos capturados en campo e imágenes que muestran la densidad y secuencias de imágenes capturadas en los pasillos.

Tabla 3-5 Densidad y Espacio Peatonal Perisur

PERISUR	
DENSIDAD	ESPACIO PEATONAL
0.26	4.74
0.26	6.11
0.377	4.244
0.299	4.997
0.277	5.010
0.371	3.422
0.305	4.430
0.310	4.722

Fuente: Elaboración Propia (2013)

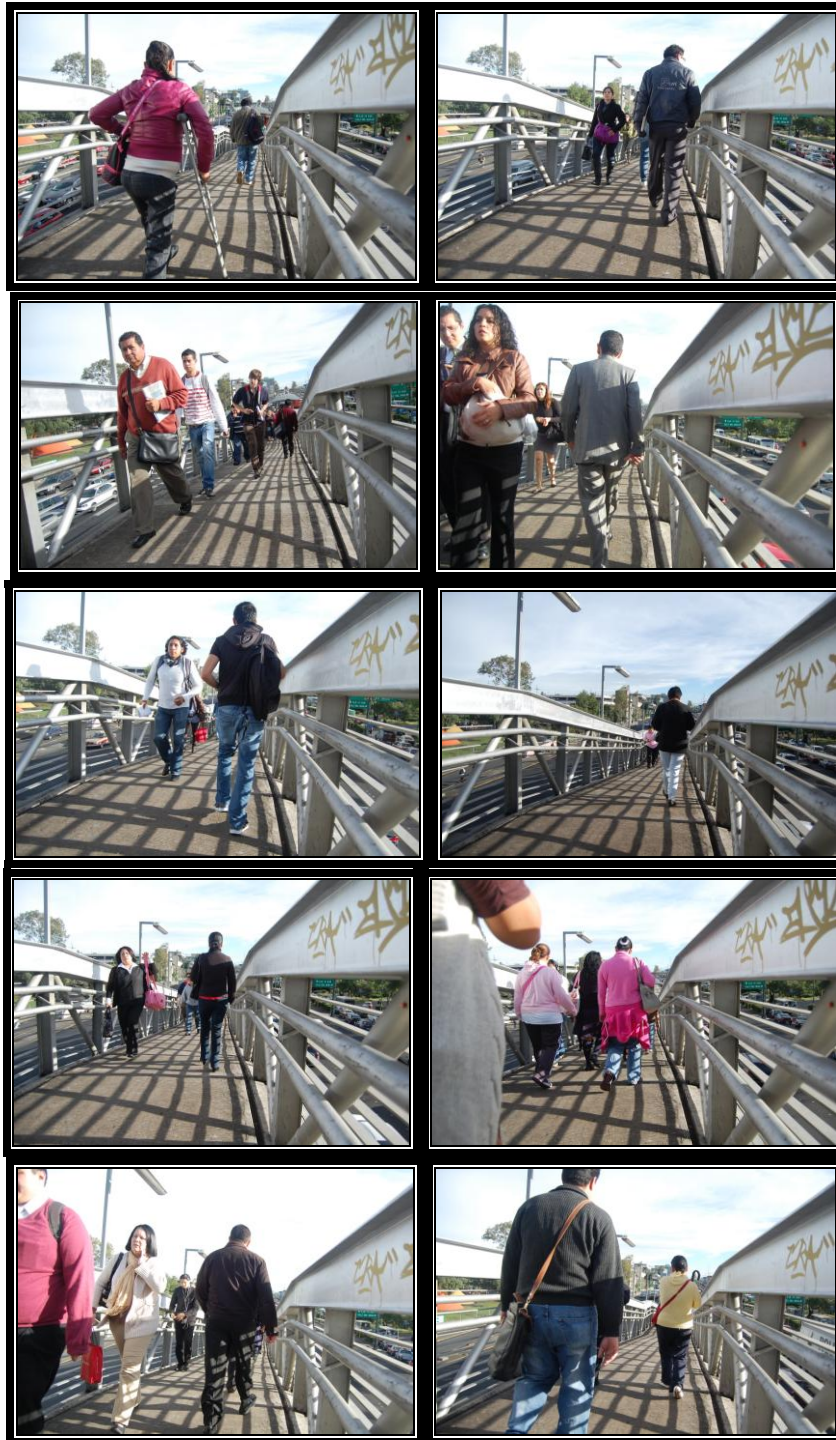


Figura 3-12 Secuencia de Densidades Peatonales Perisur

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 3-6 Densidad y Espacio Peatonal Villa Olímpica

VILLA OLÍMPICA	
DENSIDAD	ESPACIO PEATONAL
0.187	6.862
0.303	4.413
0.347	3.716
0.341	3.291
0.286	4.252
0.341	3.245
0.418	2.735
0.154	4.066

Fuente: Elaboración Propia (2013)



Figura 3-13 Secuencia de Densidades Peatonales Villa Olímpica

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Capítulo 4. ANÁLISIS

4.1. *Introducción*

En este capítulo se discutirán las condiciones de los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús en el caso específico de Villa Olímpica y Perisur. Además del método utilizado para calcular el nivel de servicio.

4.2. *Área de Estudio*

Se seleccionaron los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús en contacto con la plataforma de las estaciones Villa Olímpica y Perisur por ser las que presentan mayores conflictos en horas pico por el entorno en donde se encuentran.

4.2.1. Marco del Área de Estudio

El Metrobús es un sistema de transporte, basado en autobuses de capacidad y tecnología de punta, que brinda movilidad urbana de manera rápida y segura por medio de la integración de una infraestructura preferente y un sistema de pago automatizado.

Es un modo de transporte BRT (Bus Rapid Transit) que combina estaciones, vehículos e infraestructura para la comodidad del usuario.

La estación de Villa Olímpica se encuentra localizada en Av. de los Insurgentes en la colonia Villa Olímpica y Peña Pobre, entre la unidad habitacional Villa Olímpica que fue creada para los juegos olímpicos de 1968 y el centro comercial Cuicuilco por lo cual se generan muchos viajes a la misma durante las horas de entrada y salida del trabajo. Fue inaugurada el 13 de marzo del 2008.

La estación de Perisur se encuentra localizada en Av. De los Insurgentes en la colonia Jardines del Pedregal de San Ángel, en la delegación Coyoacán. Su ubicación es un punto estratégico ya que tiene una salida que da a Periférico (la que se analizó) y queda entre el centro comercial Perisur y el Instituto Nacional de Pediatría. Por lo cual se generan viajes de inicio, fin y trasbordo.

4.2.2. Situación Existente de los Pasillos de Acceso a las Estaciones

Actualmente en el pasillo que da acceso a la estación de Perisur del lado sur con conexión a Periférico, se puede observar que la gente transita con relativa tranquilidad aún en las horas pico, lo cual nos muestra un buen funcionamiento del pasillo.



Figura 4-1 Ancho de Pasillo Analizado Perisur

Fuente: Elaboración Propia (2013)

El caso de Villa Olímpica es un caso curioso que se debe resaltar. El ancho de pasillo resulta ser “bueno” en términos generales pero en un tramo, se encuentra a mitad del pasillo una Palmera

Figura 4-3, que seguramente por cuestiones de diseño visual y ecológicas fue dejada en el sitio, pero no se ve ampliación alguna en ese sector para que siga cumpliendo con los niveles de servicio requeridos. Sin embargo después de la toma de datos se concluyó que no causaba grandes diferencias.



Figura 4-2 Ancho de Pasillo Analizado Villa Olímpica

Fuente: Elaboración Propia (2013)



Figura 4-3 Palmera en Villa Olímpica

Fuente: Elaboración Propia (2013)

4.3. Ancho Efectivo de Pasillo

El cálculo para el ancho efectivo de pasillo está basado en la metodología discutida en el capítulo 1 usando la ecuación siguiente:

$$W_E = W_T - W_0$$

Donde:

W_E = Ancho efectivo del pasillo (m)

W_T = Ancho efectivo total (m)

W_0 = Suma de los anchos y distancias desde la obstrucción en el pasillo (m)

Ancho total $W_T = 2.02$ m

En las estaciones de Perisur y Villa Olimpica se tendrá en consideración un espacio por amortiguamiento de 50 cm por lo que $W_0 = 0.5$ m

Por lo que el ancho efectivo del pasillo queda de la siguiente forma:

$$W_E = W_T - W_0$$

$$W_E = 2.02 - 0.5$$

$$W_E = 1.52\text{m}$$

Ancho efectivo $W_E = 1.52$ m

En la estación de Villa Olímpica se tiene una reducción del ancho efectivo por un obstáculo en particular que es la palmera la cual repercute en un área de 1m^2 pero se tiene un ancho constante toda la sección del pasillo.

Basado en el cálculo anterior se tiene que el ancho efectivo del pasillo es 1.52m.

4.4. Volumen Peatonal

El conteo peatonal se ha realizado para 2 diferentes días distintos de la semana normal los cuales abarcan martes, miércoles y jueves. En este caso se realizaron para martes y jueves en las horas pico establecidas para las estaciones Perisur y Villa Olímpica, las cuales fueron: 07:30 – 09:30 y 19:30 – 21:30 para cada una.

Los volúmenes peatonales para los 2 días están mostrados en las siguientes tablas:

En la Tabla 3-1 a Tabla 3-4, se pueden observar la acumulación de datos durante los 15 minutos de las 2 horas de aforo peatonal. También es posible ver, los totales acumulados por hora y el volumen máximo de la hora pico buscada.

En las figuras Figura 3-7 y Figura 3-8 Aforo Peatonal Villa Olímpica Noche, se puede observar claramente que la Estación de Perisur tiene un volumen peatonal mayor al de la estación de Villa Olímpica.

Tabla 4-1 Análisis del Volumen Peatonal Perisur Día

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen	Total	Total por Hora
07:30 - 07:45	214	187	401	
07:45 - 08:00	193	166	359	1632
08:00 - 08:15	288	143	431	1679
08:15 - 08:30	247	194	441	1743
08:30 - 08:45	235	213	448	1639
08:45 - 09:00	186	237	423	1506
09:00 - 09:15	171	156	327	
09:15 - 09:30	143	165	308	

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 4-2 Análisis del Volumen Peatonal Villa Olímpica Día

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen	Total	Total por Hora
19:30 - 19:45	160	162	322	
19:45 - 20:00	113	272	385	1303
20:00 - 20:15	102	180	282	1210
20:15 - 20:30	124	190	314	1062
20:30 - 20:45	111	118	229	1066
20:45 - 21:00	87	150	237	935
21:00 - 21:15	86	200	286	
21:15 - 21:30	55	128	183	

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 4-3 Análisis del Volumen Peatonal Perisur Noche

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen	Total	Total por Hora
07:30 - 07:45	34	101	135	
07:45 - 08:00	25	213	238	795
08:00 - 08:15	32	177	209	912
08:15 - 08:30	42	171	213	1091
08:30 - 08:45	29	223	252	1152
08:45 - 09:00	56	361	417	1090
09:00 - 09:15	51	219	270	
09:15 - 09:30	38	113	151	

Fuente: Elaboración Propia (2013)

Tabla 4-4 Análisis del Volumen Peatonal Villa Olímpica Noche

Horas Cada 15 minutos	Entran	Salen	Total	Total por Hora
19:30 - 19:45	151	14	165	
19:45 - 20:00	157	36	193	793
20:00 - 20:15	157	39	196	797
20:15 - 20:30	191	48	239	728
20:30 - 20:45	132	37	169	623
20:45 - 21:00	96	28	124	430
21:00 - 21:15	69	22	91	
21:15 - 21:30	29	17	46	

Fuente: Elaboración Propia (2013)

4.5. *Velocidad Peatonal*

En las horas pico de la mañana, las personas suelen caminar más rápido, esto debido a la hora de entrada a sus lugares de trabajo. Justo media hora antes de las 8 y media hora antes de las 9 de la mañana las personas registran velocidades de caminata superiores a las promedio. Por el contrario en la noche después de salir de trabajar, los peatones registran velocidades promedio menores ya que no tienen presión por llegar a en un tiempo determinado.

La velocidad Peatonal en los pasillos puede estar por encima de las velocidades promedio de caminata en otras instalaciones (banquetas, cruces peatonales, etc.) esto debido a que el peatón no tiene la necesidad de ir más rápido porque no existe ninguna intersección donde el deba de esperar para poder pasar o de lo contrario deba acelerar el paso para evitar ser atropellado.

Análisis de la Velocidad Peatonal Perisur Día

Media	89.3092342
Error típico	2.18979976
Mediana	83.341602
Moda	83.234244
Desviación estándar	24.7747562
Varianza de la muestra	613.788545
Curtosis	3.36817197
Coficiente de asimetría	1.32268808
Rango	166.126434
Mínimo	41.69148
Máximo	207.817914
Suma	11431.582
Cuenta	128

Fuente: Elaboración Propia (2013)

*Análisis de la Velocidad Peonal
Perisur Noche*

Media	67.1378056
Error típico	2.25502302
Mediana	59.7857679
Moda	71.456922
Desviación estándar	23.216883
Varianza de la muestra	539.023656
Curtosis	8.98391377
Coficiente de asimetría	2.22005227
Rango	167.063956
Mínimo	11.5074798
Máximo	178.571436
Suma	7116.6074
Cuenta	106

Fuente: Elaboración Propia (2013)

*Análisis de la Velocidad Peatonal Villa
Olímpica Día*

Media	76.2566272
Error típico	1.71812441
Mediana	71.492403
Moda	71.3295
Desviación estándar	17.6891735
Varianza de la muestra	312.906859
Curtosis	1.91841962
Coficiente de asimetría	0.44515768
Rango	107.688492
Mínimo	11.952588
Máximo	119.64108
Suma	8083.20248
Cuenta	106

Fuente: Elaboración Propia (2013)

*Análisis de Velocidad Peatonal Villa
Olímpica Noche*

Media	62.6692748
Error típico	1.62397591
Mediana	59.5582758
Moda	71.38608
Desviación estándar	16.7198553
Varianza de la muestra	279.553561
Curtosis	1.52463545
Coefficiente de asimetría	0.60550911
Rango	100.23773
Mínimo	18.7705296
Máximo	119.00826
Suma	6642.94313
Cuenta	106

Fuente: Elaboración Propia (2013)

En la Figura 4-4 se muestra la comparación de velocidades en distintos países. En este estudio las velocidades promedio son: 1.48 y 1.27 m/s en la mañana, y en la noche de 1.11 y 1.04 m/s, lo cual confirma que en la mañana los peatones tienen una velocidad de caminata superior a la velocidad en la noche. Si se promedian estas velocidades de caminata tenemos que la velocidad de caminata promedio es de 1.23 m/s lo cual nos indica que tenemos una velocidad igual a la de Singapur.

Comparison of Pedestrian Walking Speeds in Different Countries

Country	Mean Walking Speed (m/s)
Asia	
Riyadh, Saudi Arabia	1.08
Madras, India	1.20
Hong Kong	1.20
Thailand	1.22
Singapore	1.23
Colombo, Sri Lanka	1.25
Israel	1.31
Malaysia	1.39
England	1.31
United States	
Columbia	1.32
New York	1.35
Pittsburgh	1.47
Calgary, Canada	1.40
Jordan	1.34

Figura 4-4 Comparación de Velocidades de Caminata en Diferentes Países

Fuente: International Journal for Traffic and Transport Engineering,

4.6. Cálculo del Nivel de Servicio

El ancho efectivo de los pasillos fue tomado en cuenta también para calcular el NS. Éste valor es la porción de la “vía” que puede usarse eficazmente para los movimientos peatonales.

Éste es un parámetro considerado por el Transit Capacity and Quality Service Manual (TCQSM) y el Highway Capacity Manual (HCM), dado que en su caminata los peatones se alejan de los obstáculos laterales y no suelen acercarse

estrechamente a las paredes, por lo que este espacio no utilizado debe descontarse al analizar una infraestructura peatonal.

El análisis para calcular el Nivel de Servicio se realizará mediante las dos metodologías, la del TCQSM y HCM, se comparará y concluirá sobre los NS obtenidos.

El primer análisis es con el manual del TCQSM, el área ocupada por los peatones puede ser calculada dividiendo el área efectiva del ancho de pasillo con el volumen peatonal de la hora pico. Como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\text{Área Peatonal Promedio} = \frac{\text{Área del ancho efectivo (m}^2\text{)}}{\text{Volumen Peatonal de Hora Pico (Vp)}}$$

Cuando se ha obtenido el ancho efectivo del pasillo, junto con el volumen pico de 15 minutos, estos son utilizados para calcular la unidad de flujo peatonal de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$V_p = V_{15} * \left(\frac{1}{15W_E} \right)$$

Basado en los datos recolectados, el Nivel de Servicio para el pasillo puede ser identificado. Solo se obtendrá el NS para el volumen de hora pico peatonal para las horas y las estaciones seleccionadas.

A continuación se presentan los NS para las horas y estaciones seleccionadas entre semana.



Figura 4-5 Anchos de Pasillo en Perisur

Fuente: Instituto de Ingeniería (2012)

4.5.1. Nivel de servicio del Pasillo Peatonal entre semana

Análisis del Nivel de Servicio

1. Para la estación de Perisur en el horario de 08:00 a 09:00 horas que fue determinada como hora pico, se tiene un V_{15} de 448 p/min y sabiendo que el W_e es de 1.52m se obtiene la siguiente ecuación.

$$V_p = V_{15} * \left(\frac{1}{15W_e} \right) = 448 * \left(\frac{1}{15(1.52)} \right) = 19.65 p/m/min \quad \text{que de acuerdo a las}$$

tablas se obtiene un nivel de servicio B.

2. En la misma estación de Perisur pero en la noche con el horario de 19:30 23:30 que es la hora pico se tiene un V_{15} de 385 p/min y sabiendo que el W_e es de 1.52m se obtiene la siguiente ecuación.

$$V_p = V_{15} * \left(\frac{1}{15W_e} \right) = 385 * \left(\frac{1}{15(1.52)} \right) = 16.89 p/m/min \quad \text{que de acuerdo a las}$$

tablas se obtiene un nivel de servicio A.

3. En la estación de Villa Olímpica en la hora pico registrada en la mañana que fue de 08:15 a 09:15 se tiene un V_{15} de 385 p/min durante la hora pico y sabiendo que el W_e es de 1.72m se obtiene la siguiente ecuación.

$$V_p = V_{15} * \left(\frac{1}{15W_e} \right) = 385 * \left(\frac{1}{15(1.52)} \right) = 16.89 p/m/min \quad \text{que de acuerdo a las}$$

tablas se obtiene un nivel de servicio A.

4. En la misma estación pero en la hora pico nocturna que fue de 19:45 a 20:45 se obtuvo un V_{15} de 417 p/m/min y como ya es sabido el W_e que es de 1.72m se obtiene la siguiente ecuación.

$$V_p = V_{15} * \left(\frac{1}{15W_e} \right) = 417 * \left(\frac{1}{15(1.52)} \right) = 18.29 p/m/min \quad \text{que de acuerdo a las}$$

tablas nos da un nivel de servicio B

4.7. Conclusión

El análisis del Nivel de Servicio nos da un mejor panorama sobre las comodidades que tiene el usuario para acceder a la estación.

Por lo tanto después de este análisis sabemos que los pasillos tienen un buen nivel de servicio y que aún en las horas pico siguen funcionando de manera correcta. Los usuarios pueden disfrutar de una gran comodidad ya que no tienen obstrucciones y sus viajes no se ven entorpecidos por la cantidad de personas que estén circulando.

También se debe concluir sobre las dificultades que un aforador tiene dentro de los pasillos ya que la recolección de datos no es sencilla porque hay muchas personas que tienden a obstaculizar ya que constantemente se acercan a preguntar qué se está haciendo y esto puede distraer al aforador. En la recolección de datos fuimos tres personas una que registraba las personas que salían otra las que entraban y la tercera tomando velocidades, fotografías y tiempo.

Es propicio hacer mención que las fotografías para determinar las densidades peatonales son muy complicadas por que la seguridad en la Ciudad de México es un tema delicado y aunque íbamos con ropa de la Facultad de Ingeniería y debidamente identificados las personas se atemorizaban.

Capítulo 5. Resumen de los Resultados del Estudio

5.1. Introducción

El propósito de esta investigación fue determinar el nivel de servicio (NS) de los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús de Perisur y Villa Olímpica. Con los datos recolectados y ya analizados en el capítulo anterior podemos dar un panorama general de los Niveles de Servicio en dichas estaciones.

5.2. Resultados de la Investigación

En este capítulo se explican los resultados encontrados del análisis de las estaciones para determinar los Niveles del Servicio en pasillos de acceso peatonales. Básicamente, los niveles de servicio del pasillo están determinados por la capacidad del pasillo y el volumen peatonal en el mismo a diferentes horas.

El volumen peatonal en el pasillo es distinto en el día y la noche, así como para las distintas estaciones analizadas. Pero siempre hay una relación que se debe cumplir.

Principalmente se puede observar que las horas pico son exactamente las horas de entrada y salida de las personas que trabajan en los lugares aledaños a las estaciones. Esto se puede ver con facilidad en las gráficas y nos arroja una conclusión sobre las situaciones de los pasillos que, aunque se esté en hora pico, siguen funcionando de buena manera.

Las velocidades en las estaciones, muchas veces fueron mayores porque se detectaban a personas corriendo y otras tantas fueron menores porque había personas que caminaban muy lentamente por lo tanto, esto repercutió en los promedios de velocidades. El aforador observó a muchas personas corriendo

porque ambas estaciones son llegadas a centros laborales y las personas seguramente iban tarde a sus centros de trabajo.

5.2.1. Capacidad de Pasillo Peatonal

Como se revisó en el capítulo 1, la capacidad es el principal aspecto que es usado para el cálculo del nivel de servicio. En esta investigación, la capacidad se trata de los movimientos de las personas en un pasillo. Esto refleja el número máximo de personas que pueden ocupar o pasar a través del pasillo. En este caso, es expresado como personas por unidad de área. La capacidad máxima refleja entonces el mayor número de personas que pueden permanecer en un área.

En esta investigación, la capacidad del pasillo depende del ancho efectivo disponible. El segmento escogido para este estudio fue un área de 7m de largo por 2.02 de ancho el cual se ve reducido por los amortiguamientos a un ancho efectivo de 1.52m. El NS peatonal está basado en el espacio peatonal promedio (TRB,2003). El espacio peatonal puede ser calculado multiplicando el ancho disponible y la longitud del pasillo existente. Sin embargo no podemos usar esta área calculada para determinar el NS. Esto por los peatones tienden a alejarse de las obstrucciones físicas tales como teléfonos, lámparas, botes de basura, árboles, paredes en construcción etc.

El método utilizado en esta investigación fue del manual TCQSM el cual nos dice que generalmente 0.5m deben ser reducidos de las paredes o barandales y 0.3 m de otros obstáculos.

5.2.2. Nivel de Servicio del pasillo Peatonal

En el capítulo 4 dedicado al análisis de los niveles de servicio, el método adaptado para esta investigación es el del manual TCQSM para el cálculo de niveles de servicio. Este método tomo en cuenta la hora pico cada 15 minutos que es

utilizada como dato. La recolección de datos fue hecha para los horarios de 7:30 am a 9:30 am así como en la noche de 7:30 pm a 9:30pm que contienen las horas picos de 8 a 9 de la mañana y de 8 a 9 de la noche.

Después de los análisis hechos de velocidad, densidad y volumen peatonal se ha concluido que las estaciones cuentan con un nivel de servicio entre A y B, el cual resulta ser muy bueno para una obra de infraestructura en la Ciudad de México ya que usualmente estamos acostumbrados que en nuestro país casi todos los servicios “funcionan” en un Nivel de Servicio por debajo de C.

Es importante mencionar qué es lo que un peatón realiza de acuerdo a cada nivel de servicio y esto se explica a continuación:

NIVEL DE SERVICIO A. Los peatones prácticamente caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificarla por la presencia de otros peatones. Se elige libremente la velocidad de marcha, y los conflictos entre los caminantes son poco frecuentes.

NIVEL DE SERVICIO B. Proporciona la superficie suficiente para permitir que los peatones elijan libremente su velocidad de marcha, se adelanten unos a otros y eviten los conflictos de entrecruzarse ente sí. En este nivel los peatones comienzan a notar la presencia del demás, hecho que se manifiesta en la selección de sus trayectorias.

5.3. Factores que Afectan el Nivel de Servicio del Pasillo Peatonal

Existen muchos factores que afectan el Nivel de Servicio en los pasillos peatonales. El criterio del análisis peatonal del HCM (2000) está basado en el espacio, velocidad promedio, tasa de flujo y la relación del volumen con la capacidad. Mientras tanto, el TCQSM manual utiliza el criterio de espacio entre personas, capacidad del pasillo y volumen peatonal para los el análisis del NS. Para esta investigación, el último criterio será utilizado.

5.3.1. Espacio Entre Personas

En el manual del TCQSM, el espacio es criterio primario utilizado para determinar el área ocupada por peatones. El Nivel de Servicio (NS) ilustra el área prometió entre cada peatón y también el espacio entre personas. Los mejores NS deben estar entre A y B con el área de ocupación peatonal de más de 13 ft²/p (1.21m²/p) o entre 10 y 13 ft²/p (1.08 y 1.21 m²/p). El mejor espacio entre personas que debe lograrse es más de 4 ft (1.22m) o entre 3.5ft y 4ft (1.07m y 1.22m). En el NS A, los peatones están parados y circulando libremente sin molestar a otros en el pasillo. Mientras que en el NS B, los peatones parados están parcialmente restringidos a la circulación pero siguen disponibles para moverse alrededor. En este estudio se encontró que el nivel de Servicio está entre A y B lo cual nos indica que en ciertos momentos pico, los peatones están un poco restringidos en su paso por el pasillo pero nunca se ve interrumpido el flujo por lo cual se puede decir que el peatón tiene muy buen espacio de circulación.

5.3.2. Densidad

La densidad Peatonal se refiere al número de personas promedio por unidad de área dentro de un pasillo. En este estudio, la densidad se refiere al volumen de peatones en el pasillo. Este estudio está utilizando el espacio entre peatones para determinar la tasa de servicio del pasillo. En el cálculo, el área promedio para patones (Ecuación 1.2), el área del ancho efectivo del pasillo es dividida por el volumen peatonal de la hora pico. Cuando el volumen peatonal incrementa en el pasillo, el espacio peatonal disminuirá y el grado de movilidad de cada individuo disminuirá. El incremento de la densidad reduce el espacio disponible para caminar. Esto incrementará los conflictos entre peatones y reducirá la velocidad de caminata. El incremento de la densidad causará un pobre nivel de servicio en el pasillo. Esto es un mayor problema para las personas con discapacidades o que utilicen ayudas para la movilidad como sillas de ruedas.

5.3.3. Capacidad del Pasillo

La capacidad del pasillo es utilizada para determinar el área de ocupación de los peatones en un pasillo. La capacidad se refiere a la habilidad del pasillo para sostener la mayor cantidad de peatones sobre ella. La capacidad peatonal es utilizada en el cálculo del área promedio de ocupación peatonal. En este caso, se refiere al área del ancho efectivo del pasillo.

5.3.4. Instalaciones y Comodidades de la Estación

Los pasillos de acceso analizados en las estaciones de Perisur y Villa Olímpica resultan ser cómodos para sus usuarios ya que no se causan demoras y pueden ingresar a la estación con comodidad. En la

Figura 5-1 Estación Perisur, se muestra la estación y el pasillo de acceso analizado.

El pasillo de acceso de las estaciones Perisur y Villa Olímpica, cuentan con sistema de alumbrado para mayor seguridad del usuario, además de que a la llegada a la plataforma tiene basureros. Ya dentro de la estación, a la entrada, se encuentran dos máquinas para recargar las tarjetas y un par de torniquetes con sus sistemas de acceso a la estación. También cuentan con sanitarios y ambas estaciones cuentan con puertas para acceder a los camiones.



Figura 5-1 Estación Perisur

5.4. Espacio Requerido

Del análisis hecho en el capítulo 4, los resultados arrojados muestran que el ancho del pasillo es bueno porque el NS se encuentra entre A y B lo que nos indica un muy buen funcionamiento y satisfacción de los usuarios. Por lo tanto no se necesita calcular un nuevo ancho de pasillo dado que ya se encuentra en buenas condiciones.

5.4.1. Determinación Requerida del Pasillo Peatonal

El nivel de servicio (LOS) del pasillo determinara el nivel de confort de los peatones en el pasillo. El actual nivel de servicio en las estaciones demuestra que los peatones tienen flujo ininterrumpido y que prácticamente no se ven obligados a cambiar de direcciones.

Por lo tanto no es necesario determinar un nuevo ancho de pasillo para satisfacer mejores niveles de servicio ya que con el nivel actual, los pasillos funcionan de manera satisfactoria.

Capítulo 6. Conclusiones y Sugerencias

6.1. *Limitaciones del Estudio*

Las ventajas del método utilizado del HCM 2000 para el NS peatonal es la simplicidad dado que los únicos datos necesarios es el conteo peatonal y el ancho efectivo del pasillo.

Sin embargo, hay una relación entre el flujo peatonal y el espacio peatonal. El área peatonal promedio y el cálculo de la tasa de flujo no toman en cuenta los efectos bidireccionales y multidireccionales. El área de ocupación promedio es calculada usando la suma de las dos direcciones. Por lo tanto el conflicto causado por los flujos opuestos no es tomado en cuenta.

Las metodologías del HCM y TCQSM también generalizan el estudio de la población sin mucha consideración de las características individuales de los peatones tales como la edad, el género y el propósito de viaje y esto puede tener un impacto significativo en su velocidad y el nivel de comodidad en los diferentes segmentos del pasillo. Tampoco toman en cuenta las condiciones climáticas y en el estudio de Villa Olímpica de noche hubo una lluvia importante durante 7 minutos la cual interrumpió el flujo de los peatones durante ese tiempo.

En el espacio de amortiguamiento para el ancho efectivo del pasillo no se hace una aclaración específica del porque la medición es de 0.5m pero es importante resaltar que cuando hay congestionamiento las personas circulan mas pegadas a los barandales. Sería prudente hacer un cálculo del espacio de amortiguamiento que debe ser tomado para cada pasillo.

6.2. Sugerencias

El nivel de Servicio de un pasillo es una técnica cuantitativa para representar la percepción del usuario en cuanto al funcionamiento del pasillo. Por lo tanto en estudios futuros se tendrá que tomar en cuenta las medidas cualitativas para el cálculo.

6.2.1. Análisis de las Características del Entorno

El HCM (2000) toma en cuenta el ancho efectivo de pasillo en el nivel de servicio peatonal. Esta medición es determinada reduciendo el ancho total del pasillo debido al ancho de los obstáculos a lo largo de la instalación. Sin embargo la literatura que hable sobre la distancia que toma una persona de un obstáculo es escasa, por lo tanto, se tiene que hacer un estudio para este aspecto.

En suma de la necesidad de entender mejor la capacidad del pasillo como una relación, algunos investigadores han encontrado que los peatones tienden a juzgar el NS del pasillo basado en actores adicionales de calidad. Estos factores tales como separación del pasillo de los carriles de viaje, la velocidad del tránsito, y lo atractivo del lugar son más importantes para el peatón que la congestión peatonal (Dixon, 1996). En adaptación a esta investigación, el pasillo de la estación está separado del movimiento vehicular. Por lo tanto, el problema de la seguridad peatonal contra el movimiento vehicular no ocurre. Pero el estudio necesita considerar el entorno y su impacto con el análisis de los niveles de servicio.

6.2.2. Análisis de las Características del Flujo

El flujo peatonal bidireccional o multidireccional podría afectar el volumen peatonal en el pasillo. Investigadores han tratado de relacionar la dirección del flujo con el nivel de servicio (Transportation Division, 2006). John Ruin (1971) encontró que cuando ningún flujo contrario domina, la velocidad en ambas direcciones tiende a ser igual, pero un flujo mayor tiende a detener al flujo menor. El HCM (2000) dice

que en un flujo bidireccional, el que es dominante, tiende a tener un nivel de servicio menor que el flujo que no domina. Sin embargo, en este estudio, se calcula un solo nivel de servicio para todo el pasillo basado en la suma de peatones en ambas direcciones.

6.2.3. Técnica de Recolección de Datos

En esta investigación, ha sido utilizada la técnica de observación directa para el cálculo del volumen peatonal en el pasillo. Sin embargo, este método no es muy preciso cuando se registra una gran cantidad de peatones pasando por el mismo punto en ambas direcciones. Por lo tanto, otras técnicas pueden ser utilizadas tales como la grabación de un video o la metodología de la encuesta.

Algunos investigadores utilizan el video como una buena herramienta para observar y coleccionar datos acerca de los peatones. El video tiene varias ventajas con respecto a la observación directa, por ejemplo, que no se necesita de gente en el sitio para recolectar los datos y es sencillo compartir el video con otras personas.

Pero como se ha visto en diversas ocasiones, lo mejor es una combinación de ambas técnicas ya que el reconocer el género de los peatones en un video, se vuelve una tarea complicada.

Al utilizar cámara fotográfica se pueden visualizar características de los peatones pero las imágenes pueden llegar a “mentir” acerca de la condición de una instalación ya que solo se fotografía un instante y no se tiene todo el movimiento como se podría tener en el video. En estos casos se puede utilizar una combinación de los tres métodos para tener mejores resultados.

6.3. Investigación Futura

Dado que el alcance de este estudio solo comprende la determinación de los anchos de pasillo en los accesos a las estaciones. Se recomienda que en una investigación futura se analicen los anchos de pasillo dentro de las estaciones de Metrobús porque el análisis de las estaciones completas nos dará un mejor panorama del funcionamiento general. Además se ve importante realizar un estudio sobre el perfil del peatón que utiliza el Metrobús.

Es debido mencionar que es de suma importancia generar un manual de capacidad para infraestructura peatonal como el que se tiene en Colombia. Esto con el fin de homogeneizar criterios y adaptarlos a las necesidades específicas de México.

Por otra parte es importante un estudio sobre los camiones para analizar su nivel de servicio en cuanto a comodidad brindada a los pasajeros. Saber cada cuánto tiempo pasan y a qué estaciones llegan.

6.4. Conclusión

El objetivo de esta investigación fue la de determinar el nivel de servicio de los pasillos de acceso a las estaciones de Metrobús Villa Olímpica y Perisur así como determinar la capacidad del pasillo de acceso peatonal para satisfacer la demanda de los pasajeros.

En cuanto al nivel de servicio se puede concluir que con la metodología del manual TCQSM se llegó a un NS que está entre A y B lo que significa que el pasillo funciona de una manera muy adecuada.

Puesto que los horarios analizados fueron en las horas pico de las estaciones, el pasillo tiene muy buen funcionamiento global y ofrece al usuario las comodidades suficientes para lo que está hecho, que es el de dar salida o entrada a la estación.

Con base en el NS se puede decir que la capacidad del pasillo es suficiente para sostener el volumen peatonal. Los planeadores y arquitectos deben determinar el nivel de servicio operacional para el pasillo en el diseño de las obras para que no se tengan que hacer adecuaciones posteriores a un problema detectado por la falta de planeación.

Al determinar el buen NS con el que cuenta el pasillo no fue necesaria la determinación de una nueva capacidad que era una de los objetivos planteados en la tesis aunque también fue aclarado que era solo si se necesitaba.

Se debe resaltar que aunque los pasillos tienen buen nivel de servicio puede haber dificultades con las personas que necesitan ayudas para la movilidad ya que puede ocupara prácticamente el ancho total del pasillo y esto afectaría de manera importante el funcionamiento del pasillo.

Bibliografía

Granados, Guzmán (2012), *Determinación del nivel de Servicio en Pasillos de Acceso a Estaciones del Metrobús de la Ciudad de México*. Presentado en el VIII Congreso Internacional de Transporte Sustentable, octubre 2012. Laboratorio de Transportes y Sistemas Territoriales, II-UNAM.

Bin A. Mohd (2010) *Level of Service for Pedestrian Walkway at Bus Terminal* Universiti Teknologi Malaysia

TRB (2000) *Highway Capacity Manual, National Research Council*, Washington D.C. Transportation Research Board.

TRB (1985) *Highway Capacity Manual, National Research Council*, 1st edition. Washington D.C. Transportation Research Board.

TRB (1985) *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. TCRP Report 2nd Edition. Washington D.C. Transportation Research Board.

M. Burden Amanda (2006), *New York City Pedestrian Level of Service Study Phase 1*, NYC Department of city Planning.

Cal y Mayor Asociados (1998), *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*, tomo II.

TRB (1988) *Driver Performance, Pedestrian Planning and Bicycle Facilities*. National Research Council, Washington D.C. Transportation Research Board.

Fruin, J.J. (1971), *Designing for pedestrians: A level of Service Concept*. Highway research Record 355, 1-55.

Boon Hoe Goh (2012) *Pedestrian Crossing Speed: The Case of Malaysia*, International Journal for Traffic and Transport Engineering.

ANEXO

FIGURA 0-1 SECCIÓN ANALIZADA EN LA ESTACIÓN PERISUR	10
FIGURA 0-2 ESTACIÓN PERISUR.....	10
FIGURA 0-3 MAPA DEL SISTEMA DE METROBÚS.....	13
FIGURA 0-4 MAPA DEL METROBÚS (PERISUR).....	14
FIGURA 0-5 MAPA DEL METROBÚS (VILLA OLÍMPICA).....	15
FIGURA 1-1 CAPACIDAD VEHICULAR TOTAL.....	19
FIGURA 1-2 CAPACIDAD TOTAL PEATONAL.....	20
FIGURA 1-3 CAPACIDAD URBANA DEL AUTOBÚS.....	21
FIGURA 1-4 RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD Y DENSIDAD PEATONALES.....	33
FIGURA 1-5 RELACIÓN ENTRE FLUJO PEATONAL Y ESPACIO PEATONAL.....	34
FIGURA 1-6 RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD PEATONAL Y FLUJO.....	35
FIGURA 1-7 RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD PEATONAL Y ESPACIO.....	36
FIGURA 1-8 RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD DE CAMINATA Y ESPACIO PEATONAL.....	39
FIGURA 1-9 ELIPSE DEL CUERPO PARA UN PEATÓN DE PIE.....	40
FIGURA 1-10 ESPACIO REQUERIDO PARA UN PEATÓN CAMINANDO.....	40
FIGURA 1-11 RELACIÓN ENTRE FLUJO PEATONAL Y ESPACIO PEATONAL.....	41
FIGURA 1-12 ILUSTRACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO EN PASILLOS.....	44
FIGURA 2-1 FORMATO DE VELOCIDADES PEATONALES.....	58
FIGURA 2-2 VIDEOS CON LÍNEAS SOBREPUESTAS A 6 PULGADAS DE SEPARACIÓN.....	64
FIGURA 2-3 MALLA DE ANÁLISIS DE OBSTÁCULOS PARA EL VIDEO.....	65
FIGURA 3-1 ESTACIÓN PERISUR.....	68
FIGURA 3-2 PASILLO PERISUR.....	69
FIGURA 3-3 PASILLO VILLA OLÍMPICA.....	69
FIGURA 3-4 REPORTE PROMEDIO DE SALIDAS POR ESTACIONES.....	70
FIGURA 3-5 AFORO PEATONAL PERISUR DÍA.....	73
FIGURA 3-6 AFORO PEATONAL PERISUR NOCHE.....	73
FIGURA 3-7 AFORO PEATONAL VILLA OLÍMPICA DÍA.....	74
FIGURA 3-8 AFORO PEATONAL VILLA OLÍMPICA NOCHE.....	74
FIGURA 3-9 COMPARACIÓN PERISUR-V.O. DÍA.....	75
FIGURA 3-10 COMPARACIÓN PERISUR-V.O. NOCHE.....	75
FIGURA 3-11 INTERFAZ DE LA APLICACIÓN PARA SISTEMA OPERATIVO ANDROID.....	76
FIGURA 3-12 SECUENCIA DE DENSIDADES PEATONALES PERISUR.....	78
FIGURA 3-13 SECUENCIA DE DENSIDADES PEATONALES VILLA OLÍMPICA.....	80
FIGURA 4-1 ANCHO DE PASILLO ANALIZADO PERISUR.....	82
FIGURA 4-2 ANCHO DE PASILLO ANALIZADO VILLA OLÍMPICA	83

FIGURA 4-3 PALMERA EN VILLA OLÍMPICA.....	83
FIGURA 4-4 COMPARACIÓN DE VELOCIDADES DE CAMINATA EN DIFERENTES PAÍSES.....	91
FIGURA 4-5 ANCHOS DE PASILLO EN PERISUR.....	93
FIGURA 5-1 ESTACIÓN PERISUR.....	100

Tabla 0-1 Velocidades Peatonales Perisur Día

num Registro	distancia (m)	time Stamp	tiempo (ms)	velocidad (m/s)	velocidad (km/h)	Tipo de Vehículo
1	7	07:35:14	5023	1.3935895	5.016922	peatón hombre
2	7	07:36:26	3028	2.3117568	8.322325	peatón hombre
3	7	07:37:20	5031	1.3913735	5.0089445	peatón mujer
4	7	07:38:23	6052	1.1566424	4.163913	peatón mujer
5	7	07:39:13	6026	1.1616329	4.181878	peatón mujer
6	7	07:40:12	5044	1.3877875	4.9960346	peatón mujer
7	7	07:40:57	3003	2.3310025	8.391608	peatón mujer
8	7	07:42:34	5046	1.3872374	4.994055	peatón mujer
9	7	07:43:19	6054	1.1562604	4.162537	peatón hombre
10	7	07:44:12	5043	1.3880626	4.997025	peatón hombre
11	7	07:45:14	5046	1.3872374	4.994055	peatón hombre
12	7	07:46:25	5027	1.3924806	5.01293	peatón hombre
13	7	07:47:24	5024	1.3933121	5.0159235	peatón hombre
14	7	07:48:12	6017	1.1633705	4.1881337	peatón mujer
15	7	07:49:23	2021	3.4636319	12.469074	peatón hombre
16	7	07:50:02	3022	2.316347	8.338848	peatón mujer
17	7	07:51:09	5033	1.3908206	5.006954	peatón hombre
18	7	07:52:14	5037	1.389716	5.0029774	peatón mujer
19	7	07:53:12	5022	1.393867	5.017921	peatón mujer
20	7	07:54:04	5047	1.3869627	4.9930654	peatón hombre
21	7	07:55:16	7052	0.9926262	3.5734541	peatón hombre
22	7	07:56:26	10074	0.694858	2.5014887	peatón mujer
23	7	07:57:04	5050	1.3861386	4.9900985	peatón mujer
24	7	07:58:13	4041	1.7322445	6.23608	peatón hombre
25	7	07:59:04	7058	0.9917824	3.5704167	peatón hombre
26	7	08:00:16	5046	1.3872374	4.994055	peatón mujer
27	7	08:01:05	5048	1.3866878	4.992076	peatón mujer
28	7	08:02:02	4022	1.7404277	6.2655396	peatón hombre
29	7	08:03:15	6059	1.1553061	4.159102	peatón hombre
30	7	08:04:06	6041	1.1587485	4.1714945	peatón mujer
31	7	08:05:05	5050	1.3861386	4.9900985	peatón mujer

32	7	08:06:11	4036	1.7343905	6.2438054	peatón hombre
33	7	08:07:10	4034	1.7352504	6.246901	peatón mujer
34	7	08:08:21	4016	1.7430279	6.2749004	peatón mujer
35	7	08:09:04	3028	2.3117568	8.322325	peatón mujer
36	7	08:10:11	4032	1.7361112	6.25	peatón mujer
37	7	08:10:55	7067	0.9905193	3.5658693	peatón mujer
38	7	08:11:33	5046	1.3872374	4.994055	peatón hombre
39	7	08:12:31	4026	1.7386985	6.2593145	peatón hombre
40	7	08:13:15	7051	0.9927669	3.5739608	peatón mujer
41	7	08:14:04	4031	1.7365417	6.25155	peatón hombre
42	7	08:15:07	5046	1.3872374	4.994055	peatón hombre
43	7	08:16:14	5021	1.3941447	5.0189204	peatón hombre
44	7	08:17:26	6042	1.1585568	4.1708045	peatón mujer
45	7	08:18:21	4033	1.7356806	6.24845	peatón mujer
46	7	08:19:13	4036	1.7343905	6.2438054	peatón hombre
47	7	08:19:48	5042	1.388338	4.9980164	peatón hombre
48	7	08:20:21	5046	1.3872374	4.994055	peatón mujer
49	7	08:22:05	5039	1.3891644	5.000992	peatón mujer
50	7	08:23:08	5044	1.3877875	4.9960346	peatón mujer
51	7	08:27:31	4040	1.7326733	6.2376237	peatón hombre
52	7	08:28:32	4027	1.7382667	6.25776	peatón hombre
53	7	08:28:58	5044	1.3877875	4.9960346	peatón hombre
54	7	08:30:05	6054	1.1562604	4.162537	peatón hombre
55	7	08:31:16	4038	1.7335315	6.240713	peatón hombre
56	7	08:32:11	6057	1.1556876	4.1604753	peatón mujer
57	7	08:33:05	6049	1.1572161	4.165978	peatón mujer
58	7	08:33:58	5003	1.3991605	5.036978	peatón mujer
59	7	08:34:52	4035	1.7348204	6.245353	peatón hombre
60	7	08:35:08	3037	2.3049064	8.297663	peatón hombre
61	7	08:36:11	6060	1.1551156	4.1584163	peatón mujer
62	7	08:37:17	5040	1.388889	5	peatón hombre
63	7	08:38:05	4033	1.7356806	6.24845	peatón mujer
64	7	08:39:06	5035	1.3902681	5.004965	peatón mujer
65	7	08:40:18	5042	1.388338	4.9980164	peatón mujer
66	7	08:41:15	6052	1.1566424	4.163913	peatón mujer
67	7	08:42:04	3035	2.306425	8.30313	peatón mujer
68	7	08:42:37	5023	1.3935895	5.016922	peatón mujer
69	7	08:43:24	4039	1.7331022	6.2391677	peatón mujer
70	7	08:44:08	4016	1.7430279	6.2749004	peatón hombre
71	7	08:45:12	3012	2.3240373	8.366534	peatón hombre
72	7	08:46:02	6051	1.1568336	4.164601	peatón hombre

73	7	08:46:56	6026	1.1616329	4.181878	peatón hombre
74	7	08:48:04	8062	0.8682709	3.125775	peatón hombre
75	7	08:49:27	4037	1.7339609	6.242259	peatón mujer
76	7	08:50:42	3023	2.3155806	8.33609	peatón mujer
77	7	08:51:08	4007	1.7469429	6.2889943	peatón mujer
78	7	08:52:11	3025	2.3140495	8.330578	peatón mujer
79	7	08:53:03	6051	1.1568336	4.164601	peatón mujer
80	7	08:54:31	3021	2.3171136	8.341609	peatón hombre
81	7	08:55:05	5043	1.3880626	4.997025	peatón hombre
82	7	08:56:12	6013	1.1641444	4.19092	peatón mujer
83	7	08:57:11	3030	2.3102312	8.316833	peatón mujer
84	7	08:58:30	4030	1.7369727	6.2531013	peatón hombre
85	7	08:59:05	4030	1.7369727	6.2531013	peatón hombre
86	7	09:00:10	5021	1.3941447	5.0189204	peatón hombre
87	7	09:01:11	7043	0.99389464	3.5780206	peatón hombre
88	7	09:02:03	5036	1.3899921	5.0039716	peatón hombre
89	7	09:02:15	3019	2.3186486	8.347135	peatón hombre
90	7	09:03:08	4002	1.7491255	6.2968516	peatón mujer
91	7	09:04:11	5044	1.3877875	4.9960346	peatón hombre
92	7	09:05:11	7060	0.9915014	3.5694048	peatón hombre
93	7	09:06:09	8070	0.8674102	3.1226766	peatón hombre
94	7	09:07:05	4033	1.7356806	6.24845	peatón hombre
95	7	09:08:08	6064	1.1543536	4.155673	peatón hombre
96	7	09:09:04	6040	1.1589403	4.172185	peatón mujer
97	7	09:10:06	6041	1.1587485	4.1714945	peatón hombre
98	7	09:11:14	6040	1.1589403	4.172185	peatón hombre
99	7	09:12:05	5033	1.3908206	5.006954	peatón hombre
100	7	09:13:03	4024	1.7395626	6.2624254	peatón hombre
101	7	09:14:10	6049	1.1572161	4.165978	peatón mujer
102	7	09:15:06	7033	0.9953078	3.583108	peatón mujer
103	7	09:16:05	4033	1.7356806	6.24845	peatón mujer
104	7	09:17:14	4037	1.7339609	6.242259	peatón mujer
105	7	09:18:12	4019	1.7417268	6.270216	peatón hombre
106	7	09:19:06	4038	1.7335315	6.240713	peatón hombre
107	7	09:20:07	4037	1.7339609	6.242259	peatón hombre
108	7	09:21:08	5049	1.3864131	4.991087	peatón hombre
109	7	09:22:11	4033	1.7356806	6.24845	peatón hombre
110	7	09:23:13	6051	1.1568336	4.164601	peatón hombre
111	7	09:24:15	4035	1.7348204	6.245353	peatón hombre
112	7	09:24:49	5041	1.3886133	4.9990077	peatón hombre
113	7	09:25:19	5024	1.3933121	5.0159235	peatón mujer

114	7	09:26:22	4040	1.7326733	6.2376237	peatón mujer
115	7	09:27:04	5050	1.3861386	4.9900985	peatón mujer
116	7	09:28:04	6053	1.1564513	4.1632247	peatón mujer
117	7	09:29:07	6051	1.1568336	4.164601	peatón hombre
118	7	09:30:06	6040	1.1589403	4.172185	peatón hombre
119	7	09:30:35	7056	0.9920635	3.5714285	peatón hombre
120	7	09:31:06	4037	1.7339609	6.242259	peatón hombre
121	7	09:32:04	6069	1.1534024	4.152249	peatón hombre
122	7	09:32:41	8041	0.8705385	3.1339383	peatón hombre
123	7	09:33:07	5045	1.3875124	4.9950447	peatón hombre
124	7	09:34:07	4027	1.7382667	6.25776	peatón mujer
125	7	09:35:07	5029	1.3919268	5.0109363	peatón mujer
126	7	09:36:11	6046	1.1577903	4.168045	peatón mujer
127	7	09:37:01	7065	0.9907997	3.566879	peatón mujer
128	7	09:38:14	6059	1.1553061	4.159102	peatón hombre

Tabla 0-2 Velocidades Peatonales Perisur Noche

num Registro	distancia (m)	timeStamp	tiempo(ms)	velocidad (m/s)	velocidad (km/h)	tipo Vehículo
1	6	19:30:09	5040	1.1904762	4.285714	peatón hombre
2	6	19:31:21	6022	0.9963467	3.586848	peatón hombre
3	6	19:32:08	4037	1.4862522	5.3505077	peatón hombre
4	6	19:33:19	9086	0.6603566	2.3772836	peatón mujer
5	6	19:35:02	5038	1.1909487	4.2874155	peatón hombre
6	6	19:36:08	5017	1.1959338	4.3053617	peatón mujer
7	6	19:37:06	4002	1.4992504	5.397301	peatón mujer
8	6	19:38:03	5005	1.1988012	4.315684	peatón mujer
9	6	19:39:12	4034	1.4873574	5.3544865	peatón hombre
10	6	19:40:15	5048	1.1885895	4.278922	peatón hombre
11	6	19:41:10	5052	1.1876485	4.2755346	peatón hombre
12	6	19:42:11	4031	1.4884645	5.358472	peatón hombre
13	6	19:43:17	7031	0.85336363	3.072109	peatón hombre
14	6	19:44:17	2020	2.970297	10.693069	peatón mujer
15	6	19:45:17	6063	0.98960906	3.5625925	peatón mujer
16	6	19:46:50	5051	1.1878835	4.2763805	peatón hombre
17	6	19:47:22	5047	1.188825	4.27977	peatón hombre
18	6	19:48:29	6032	0.994695	3.5809019	peatón hombre
19	6	19:49:16	7043	0.8519097	3.0668747	peatón mujer
20	6	19:50:29	6049	0.9918995	3.570838	peatón mujer
21	6	19:51:12	6058	0.99042594	3.5655334	peatón mujer

22	6	19:52:14	9063	0.6620325	2.383317	peatón mujer
23	6	19:53:18	7057	0.8502196	3.0607905	peatón hombre
24	6	19:54:27	7061	0.849738	3.0590568	peatón hombre
25	6	19:55:16	7048	0.8513053	3.064699	peatón hombre
26	6	19:56:03	8046	0.74571216	2.6845636	peatón hombre
27	6	19:57:04	5024	1.1942675	4.299363	peatón mujer
28	6	19:58:21	9083	0.6605747	2.3780687	peatón mujer
29	6	19:59:10	6056	0.99075294	3.5667105	peatón mujer
30	6	20:01:17	6051	0.99157166	3.5696578	peatón mujer
31	6	20:02:06	8062	0.74423224	2.679236	peatón mujer
32	6	20:03:11	7045	0.8516678	3.066004	peatón hombre
33	6	20:04:17	6057	0.9905894	3.5661216	peatón hombre
34	6	20:05:19	9045	0.6633499	2.3880596	peatón hombre
35	6	20:06:33	7047	0.8514262	3.0651343	peatón hombre
36	6	20:07:28	5008	1.198083	4.313099	peatón hombre
37	6	20:08:07	7045	0.8516678	3.066004	peatón hombre
38	6	20:08:47	5051	1.1878835	4.2763805	peatón hombre
39	6	20:09:25	5014	1.1966494	4.3079376	peatón mujer
40	6	20:10:07	5050	1.1881188	4.2772274	peatón mujer
41	6	20:11:25	6052	0.99140775	3.5690677	peatón hombre
42	6	20:12:11	4036	1.4866204	5.3518333	peatón hombre
43	6	20:13:06	3026	1.9828155	7.1381354	peatón hombre
44	6	20:14:04	6058	0.99042594	3.5655334	peatón hombre
45	6	20:15:04	6052	0.99140775	3.5690677	peatón hombre
46	6	20:16:05	8073	0.7432181	2.6755853	peatón mujer
47	6	20:17:00	6042	0.99304867	3.574975	peatón mujer
48	6	20:18:25	6069	0.9886307	3.5590706	peatón mujer
49	6	20:19:46	5035	1.1916584	4.28997	peatón hombre
50	6	20:20:13	5038	1.1909487	4.2874155	peatón hombre
51	6	20:21:05	9066	0.6618134	2.382528	peatón hombre
52	6	20:22:05	7055	0.85046065	3.0616581	peatón mujer
53	6	20:23:09	7067	0.84901655	3.0564594	peatón mujer
54	6	20:24:05	31284	0.19179133	0.69044876	peatón mujer
55	6	20:24:52	7062	0.84961766	3.0586236	peatón hombre
56	6	20:25:25	5030	1.192843	4.2942348	peatón hombre
57	6	20:26:19	5035	1.1916584	4.28997	peatón hombre
58	6	20:27:48	6055	0.9909166	3.5672996	peatón hombre
59	6	20:28:36	3016	1.98939	7.1618037	peatón hombre
60	6	20:28:58	6053	0.99124396	3.568478	peatón mujer
61	6	20:29:37	5024	1.1942675	4.299363	peatón mujer
62	6	20:30:06	5038	1.1909487	4.2874155	peatón mujer

63	6	20:30:36	6059	0.9902624	3.5649445	peatón mujer
64	6	20:31:26	6042	0.99304867	3.574975	peatón mujer
65	6	20:31:54	10096	0.5942947	2.139461	peatón mujer
66	6	20:32:37	6058	0.99042594	3.5655334	peatón mujer
67	6	20:34:04	7055	0.85046065	3.0616581	peatón mujer
68	6	20:34:39	6042	0.99304867	3.574975	peatón hombre
69	6	20:35:16	7053	0.8507018	3.0625265	peatón mujer
70	6	20:36:07	5033	1.1921319	4.2916746	peatón mujer
71	6	20:36:37	5032	1.1923687	4.292527	peatón mujer
72	6	20:37:07	4036	1.4866204	5.3518333	peatón hombre
73	6	20:38:06	5031	1.1926059	4.2933807	peatón hombre
74	6	20:39:15	5032	1.1923687	4.292527	peatón hombre
75	6	20:40:02	5048	1.1885895	4.278922	peatón hombre
76	6	20:42:28	4036	1.4866204	5.3518333	peatón hombre
77	6	20:43:17	5045	1.1892964	4.281467	peatón mujer
78	6	20:43:59	5044	1.1895322	4.2823157	peatón mujer
79	6	20:45:11	4037	1.4862522	5.3505077	peatón mujer
80	6	20:45:52	7066	0.8491367	3.0568922	peatón hombre
81	6	20:47:14	4022	1.4917952	5.3704624	peatón mujer
82	6	20:48:04	4035	1.4869889	5.35316	peatón mujer
83	6	20:48:30	6056	0.99075294	3.5667105	peatón hombre
84	6	20:49:38	4019	1.4929087	5.374471	peatón hombre
85	6	20:51:17	4035	1.4869889	5.35316	peatón hombre
86	6	20:51:54	8062	0.74423224	2.679236	peatón hombre
87	6	20:52:42	6032	0.994695	3.5809019	peatón mujer
88	6	20:54:04	4039	1.4855162	5.347858	peatón mujer
89	6	20:55:09	5046	1.1890606	4.2806177	peatón hombre
90	6	20:56:16	5031	1.1926059	4.2933807	peatón hombre
91	6	20:57:25	6056	0.99075294	3.5667105	peatón hombre
92	6	20:58:36	5036	1.1914217	4.2891183	peatón hombre
93	6	21:00:16	5046	1.1890606	4.2806177	peatón mujer
94	6	21:00:24	3023	1.9847832	7.1452193	peatón mujer
95	6	21:00:39	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
96	6	21:01:16	7064	0.84937716	3.0577576	peatón hombre
97	6	21:02:15	9085	0.6604293	2.3775454	peatón mujer
98	6	21:03:00	7063	0.8494974	3.0581906	peatón mujer
99	6	21:03:52	2016	2.9761906	10.714286	peatón hombre
100	6	21:04:23	5046	1.1890606	4.2806177	peatón hombre
101	6	21:05:09	7062	0.84961766	3.0586236	peatón hombre
102	6	21:06:07	6049	0.9918995	3.570838	peatón hombre
103	6	21:07:21	6021	0.99651223	3.587444	peatón mujer

104	6	21:07:58	5037	1.1911852	4.2882667	peatón mujer
105	6	21:08:44	7042	0.8520307	3.0673103	peatón mujer
106	6	21:09:36	5030	1.192843	4.2942348	peatón hombre

Tabla 0-3 Velocidad Peatonal Villa Olímpica Día

num Registro	distancia (m)	timeStamp	tiempo (ms)	velocidad (m/s)	velocidad (km/h)	tipoVehiculo
1	6	07:36:12	4030	1.4888338	5.3598013	peatón mujer
2	6	07:37:35	4038	1.4858841	5.3491826	peatón hombre
3	6	07:38:56	6047	0.99222755	3.572019	peatón mujer
4	6	07:40:05	4034	1.4873574	5.3544865	peatón hombre
5	6	07:40:34	5042	1.190004	4.284014	peatón mujer
6	6	07:41:14	3026	1.9828155	7.1381354	peatón hombre
7	6	07:41:48	6056	0.99075294	3.5667105	peatón hombre
8	6	07:42:28	4033	1.4877262	5.3558145	peatón hombre
9	6	07:43:27	4037	1.4862522	5.3505077	peatón hombre
10	6	07:43:55	6045	0.99255586	3.573201	peatón mujer
11	6	07:45:04	4033	1.4877262	5.3558145	peatón hombre
12	6	07:45:30	5050	1.1881188	4.2772274	peatón mujer
13	6	07:46:47	5017	1.1959338	4.3053617	peatón hombre
14	6	07:47:40	5046	1.1890606	4.2806177	peatón hombre
15	6	07:49:13	5001	1.19976	4.3191357	peatón mujer
16	6	07:50:03	5016	1.1961722	4.30622	peatón mujer
17	6	07:50:49	5035	1.1916584	4.28997	peatón hombre
18	6	07:51:41	4037	1.4862522	5.3505077	peatón hombre
19	6	07:52:32	3026	1.9828155	7.1381354	peatón mujer
20	6	07:53:29	4033	1.4877262	5.3558145	peatón mujer
21	6	07:54:03	5044	1.1895322	4.2823157	peatón hombre
22	6	07:55:33	5048	1.1885895	4.278922	peatón mujer
23	6	07:56:23	6059	0.9902624	3.5649445	peatón mujer
24	6	07:57:30	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
25	6	07:58:15	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
26	6	07:59:04	3024	1.984127	7.142857	peatón mujer
27	6	07:59:31	6056	0.99075294	3.5667105	peatón hombre
28	6	07:59:51	3029	1.9808519	7.131067	peatón hombre
29	6	08:01:03	5040	1.1904762	4.285714	peatón hombre
30	6	08:01:35	4040	1.4851485	5.3465347	peatón hombre
31	6	08:02:10	4033	1.4877262	5.3558145	peatón hombre
32	6	08:02:19	5037	1.1911852	4.2882667	peatón hombre
33	6	08:03:01	5030	1.192843	4.2942348	peatón mujer

34	6	08:03:57	4011	1.4958863	5.3851905	peatón hombre
35	6	08:04:30	4039	1.4855162	5.347858	peatón mujer
36	6	08:04:54	5025	1.1940298	4.298507	peatón hombre
37	6	08:05:30	5041	1.19024	4.284864	peatón hombre
38	6	08:06:34	5030	1.192843	4.2942348	peatón mujer
39	6	08:07:33	6056	0.99075294	3.5667105	peatón mujer
40	6	08:07:57	5030	1.192843	4.2942348	peatón mujer
41	6	08:08:37	5044	1.1895322	4.2823157	peatón mujer
42	6	08:09:01	5023	1.1945052	4.3002186	peatón hombre
43	6	08:09:33	5040	1.1904762	4.285714	peatón hombre
44	6	08:10:32	7035	0.85287845	3.0703623	peatón hombre
45	6	08:11:32	7065	0.8492569	3.0573246	peatón mujer
46	6	08:12:28	6043	0.9928843	3.5743833	peatón mujer
47	6	08:13:28	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
48	6	08:14:54	4036	1.4866204	5.3518333	peatón mujer
49	6	08:16:04	5046	1.1890606	4.2806177	peatón hombre
50	6	08:16:57	5032	1.1923687	4.292527	peatón hombre
51	6	08:17:50	5015	1.1964108	4.307079	peatón mujer
52	6	08:19:36	4025	1.4906832	5.3664594	peatón hombre
53	6	08:20:37	4023	1.4914243	5.3691273	peatón hombre
54	6	08:21:22	6046	0.9923916	3.5726097	peatón hombre
55	6	08:22:51	6025	0.9958507	3.5850623	peatón hombre
56	6	08:23:32	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
57	6	08:24:25	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
58	6	08:26:15	4035	1.4869889	5.35316	peatón hombre
59	6	08:26:53	5026	1.1937923	4.2976522	peatón mujer
60	6	08:27:37	6041	0.99321306	3.575567	peatón hombre
61	6	08:28:24	6043	0.9928843	3.5743833	peatón hombre
62	6	08:28:41	5044	1.1895322	4.2823157	peatón hombre
63	6	08:28:59	4018	1.4932803	5.3758087	peatón hombre
64	6	08:30:03	4034	1.4873574	5.3544865	peatón hombre
65	6	08:30:49	4024	1.4910537	5.367793	peatón hombre
66	6	08:31:17	6043	0.9928843	3.5743833	peatón hombre
67	6	08:31:56	7060	0.84985834	3.05949	peatón hombre
68	6	08:32:55	4030	1.4888338	5.3598013	peatón hombre
69	6	08:33:25	5036	1.1914217	4.2891183	peatón hombre
70	6	08:34:04	4028	1.489573	5.3624625	peatón hombre
71	6	08:34:37	8035	0.74673307	2.688239	peatón mujer
72	6	08:35:42	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
73	6	08:36:39	6046	0.9923916	3.5726097	peatón hombre
74	6	08:37:36	6049	0.9918995	3.570838	peatón hombre

75	6	08:38:38	4035	1.4869889	5.35316	peatón hombre
76	6	08:39:25	5042	1.190004	4.284014	peatón mujer
77	6	08:39:53	4027	1.4899429	5.3637943	peatón mujer
78	6	08:40:08	5051	1.1878835	4.2763805	peatón hombre
79	6	08:41:06	5048	1.1885895	4.278922	peatón hombre
80	6	08:42:22	3022	1.98544	7.147584	peatón hombre
81	6	08:42:37	4033	1.4877262	5.3558145	peatón hombre
82	6	08:43:36	5042	1.190004	4.284014	peatón mujer
83	6	08:45:14	5033	1.1921319	4.2916746	peatón mujer
84	6	08:45:54	6015	0.9975062	3.5910223	peatón mujer
85	6	08:46:42	6048	0.9920635	3.5714285	peatón mujer
86	6	08:47:36	5046	1.1890606	4.2806177	peatón mujer
87	6	08:48:54	4032	1.4880953	5.357143	peatón mujer
88	6	08:49:46	6051	0.99157166	3.5696578	peatón hombre
89	6	08:52:10	3009	1.994018	7.1784644	peatón mujer
90	6	08:53:32	5024	1.1942675	4.299363	peatón mujer
91	6	08:54:33	30119	0.1992098	0.7171552	peatón hombre
92	6	08:55:10	5034	1.1918951	4.2908225	peatón hombre
93	6	08:55:54	6046	0.9923916	3.5726097	peatón hombre
94	6	08:56:10	5043	1.189768	4.2831645	peatón hombre
95	6	08:58:04	4027	1.4899429	5.3637943	peatón mujer
96	6	08:58:30	3023	1.9847832	7.1452193	peatón mujer
97	6	08:58:54	5026	1.1937923	4.2976522	peatón hombre
98	6	08:59:58	5038	1.1909487	4.2874155	peatón hombre
99	6	09:00:35	5037	1.1911852	4.2882667	peatón hombre
100	6	09:01:32	5045	1.1892964	4.281467	peatón mujer
101	6	09:01:51	3019	1.987413	7.154687	peatón hombre
102	6	09:02:45	5040	1.1904762	4.285714	peatón hombre
103	6	09:03:44	4022	1.4917952	5.3704624	peatón hombre
104	6	09:04:32	6017	0.9971746	3.5898285	peatón hombre
105	6	09:04:45	4026	1.4903129	5.3651266	peatón mujer
106	6	09:06:57	5033	1.1921319	4.2916746	peatón mujer
107	6	09:07:47	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
108	6	09:08:23	7045	0.8516678	3.066004	peatón mujer
109	6	09:09:55	5044	1.1895322	4.2823157	peatón hombre
110	6	09:12:37	4035	1.4869889	5.35316	peatón hombre
111	6	09:13:27	6024	0.99601597	3.5856574	peatón hombre
112	6	09:14:32	4038	1.4858841	5.3491826	peatón hombre
113	6	09:14:43	4040	1.4851485	5.3465347	peatón mujer
114	6	09:15:37	4039	1.4855162	5.347858	peatón hombre
115	6	09:17:53	5029	1.1930801	4.2950883	peatón hombre

Tabla 0-4 Velocidades Peatonales Villa Olímpica Noche

num Registro	distancia (m)	timeStamp	tiempo(ms)	velocidad (m/s)	velocidad (km/h)	tipoVehiculo
1	6	19:37:07	4024	1.4910537	5.367793	peatón hombre
2	6	19:39:06	13113	0.4575612	1.6472203	peatón mujer
3	6	19:39:44	4028	1.489573	5.3624625	peatón mujer
4	6	19:40:24	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
5	6	19:41:01	8066	0.7438631	2.6779072	peatón hombre
6	6	19:41:27	5043	1.189768	4.2831645	peatón hombre
7	6	19:42:02	8061	0.7443245	2.679568	peatón mujer
8	6	19:42:50	6052	0.99140775	3.5690677	peatón hombre
9	6	19:43:21	10093	0.5944714	2.140097	peatón hombre
10	6	19:44:05	5050	1.1881188	4.2772274	peatón mujer
11	6	19:44:52	7063	0.8494974	3.0581906	peatón hombre
12	6	19:45:31	6044	0.99272	3.573792	peatón mujer
13	6	19:46:31	6054	0.9910803	3.567889	peatón hombre
14	6	19:46:52	5038	1.1909487	4.2874155	peatón mujer
15	6	19:47:25	5033	1.1921319	4.2916746	peatón mujer
16	6	19:47:54	6058	0.99042594	3.5655334	peatón hombre
17	6	19:48:35	7034	0.85299975	3.070799	peatón hombre
18	6	19:48:51	5034	1.1918951	4.2908225	peatón mujer
19	6	19:49:04	4011	1.4958863	5.3851905	peatón hombre
20	6	19:49:36	6056	0.99075294	3.5667105	peatón hombre
21	6	19:50:11	6063	0.98960906	3.5625925	peatón mujer
22	6	19:50:34	5020	1.1952192	4.3027887	peatón mujer
23	6	19:51:06	5043	1.189768	4.2831645	peatón hombre
24	6	19:51:20	6059	0.9902624	3.5649445	peatón mujer
25	6	19:51:42	6056	0.99075294	3.5667105	peatón hombre
26	6	19:52:30	5046	1.1890606	4.2806177	peatón hombre
27	6	19:52:55	5040	1.1904762	4.285714	peatón mujer
28	6	19:53:09	4039	1.4855162	5.347858	peatón hombre
29	6	19:53:39	5044	1.1895322	4.2823157	peatón mujer
30	6	19:53:51	5049	1.1883541	4.2780747	peatón hombre
31	6	19:54:29	5046	1.1890606	4.2806177	peatón hombre
32	6	19:54:39	6048	0.9920635	3.5714285	peatón hombre
33	6	19:54:56	8051	0.74524903	2.6828964	peatón mujer
34	6	19:55:24	7067	0.84901655	3.0564594	peatón mujer
35	6	19:55:39	5060	1.1857708	4.2687745	peatón hombre
36	6	19:56:33	5037	1.1911852	4.2882667	peatón hombre
37	6	19:56:42	3025	1.983471	7.140496	peatón hombre
38	6	19:56:56	4032	1.4880953	5.357143	peatón mujer

39	6	19:57:58	4022	1.4917952	5.3704624	peatón mujer
40	6	19:58:17	8072	0.7433102	2.6759167	peatón hombre
41	6	19:58:38	6044	0.99272	3.573792	peatón mujer
42	6	19:58:58	4033	1.4877262	5.3558145	peatón hombre
43	6	19:59:20	5033	1.1921319	4.2916746	peatón hombre
44	6	19:59:38	8064	0.74404764	2.6785715	peatón mujer
45	6	20:00:04	6051	0.99157166	3.5696578	peatón hombre
46	6	20:00:52	6045	0.99255586	3.573201	peatón mujer
47	6	20:01:15	6040	0.9933775	3.576159	peatón hombre
48	6	20:01:39	6052	0.99140775	3.5690677	peatón mujer
49	6	20:01:59	7070	0.8486563	3.0551627	peatón mujer
50	6	20:02:32	11094	0.5408329	1.9469984	peatón hombre
51	6	20:03:03	6057	0.9905894	3.5661216	peatón mujer
52	6	20:03:40	7059	0.84997874	3.0599234	peatón hombre
53	6	20:04:57	7051	0.85094315	3.0633953	peatón mujer
54	6	20:05:15	5048	1.1885895	4.278922	peatón hombre
55	6	20:05:31	4036	1.4866204	5.3518333	peatón mujer
56	6	20:05:56	6061	0.9899357	3.5637684	peatón mujer
57	6	20:07:33	7048	0.8513053	3.064699	peatón hombre
58	6	20:08:04	6043	0.9928843	3.5743833	peatón mujer
59	6	20:08:41	8074	0.7431261	2.6752539	peatón hombre
60	6	20:09:19	6062	0.9897724	3.5631804	peatón mujer
61	6	20:09:45	6060	0.990099	3.5643563	peatón hombre
62	6	20:10:09	8079	0.7426662	2.6735983	peatón mujer
63	6	20:10:38	7061	0.849738	3.0590568	peatón hombre
64	6	20:11:34	5049	1.1883541	4.2780747	peatón mujer
65	6	20:12:00	6054	0.9910803	3.567889	peatón hombre
66	6	20:12:31	7072	0.84841627	3.0542984	peatón mujer
67	6	20:12:58	10098	0.59417707	2.1390374	peatón mujer
68	6	20:14:42	8047	0.7456195	2.68423	peatón hombre
69	6	20:15:29	6033	0.99453	3.580308	peatón mujer
70	6	20:16:06	7070	0.8486563	3.0551627	peatón mujer
71	6	20:16:40	5008	1.198083	4.313099	peatón mujer
72	6	20:17:15	5021	1.1949811	4.301932	peatón hombre
73	6	20:18:13	8060	0.7444169	2.6799006	peatón hombre
74	6	20:18:54	5025	1.1940298	4.298507	peatón hombre
75	6	20:19:49	6041	0.99321306	3.575567	peatón hombre
76	6	20:20:11	7020	0.85470086	3.0769231	peatón mujer
77	6	20:21:15	6056	0.99075294	3.5667105	peatón mujer
78	6	20:21:51	5040	1.1904762	4.285714	peatón hombre
79	6	20:22:39	7037	0.85263604	3.0694897	peatón hombre

80	6	20:22:51	6019	0.99684334	3.588636	peatón mujer
81	6	20:23:45	6035	0.99420047	3.5791216	peatón mujer
82	6	20:24:30	5010	1.1976048	4.311377	peatón hombre
83	6	20:25:57	6050	0.9917355	3.570248	peatón hombre
84	6	20:26:30	6043	0.9928843	3.5743833	peatón mujer
85	6	20:27:20	6043	0.9928843	3.5743833	peatón hombre
86	6	20:27:56	4034	1.4873574	5.3544865	peatón hombre
87	6	20:28:18	5047	1.188825	4.27977	peatón mujer
88	6	20:28:47	7032	0.8532423	3.0716722	peatón hombre
89	6	20:29:21	19179	0.31284216	1.1262318	peatón mujer
90	6	20:30:36	6059	0.9902624	3.5649445	peatón mujer
91	6	20:31:09	6053	0.99124396	3.568478	peatón mujer
92	6	20:31:23	5049	1.1883541	4.2780747	peatón hombre
93	6	20:31:44	8047	0.7456195	2.68423	peatón mujer
94	6	20:32:35	11092	0.54093045	1.9473495	peatón hombre
95	6	20:32:52	3028	1.9815059	7.133421	peatón mujer
96	6	20:33:32	5043	1.189768	4.2831645	peatón hombre
97	6	20:33:59	5026	1.1937923	4.2976522	peatón mujer
98	6	20:34:37	8043	0.74599034	2.6855652	peatón hombre
99	6	20:35:40	6036	0.9940357	3.5785284	peatón mujer
100	6	20:36:18	4023	1.4914243	5.3691273	peatón hombre
101	6	20:36:41	4018	1.4932803	5.3758087	peatón mujer
102	6	20:37:40	4039	1.4855162	5.347858	peatón mujer
103	6	20:39:15	6037	0.99387115	3.5779362	peatón hombre
104	6	20:39:55	7056	0.8503401	3.0612245	peatón mujer
105	6	20:40:38	7071	0.84853625	3.0547304	peatón mujer
106	6	20:41:31	6045	0.99255586	3.573201	peatón hombre
107	6	20:42:12	6060	0.990099	3.5643563	peatón hombre
108	6	20:42:45	5049	1.1883541	4.2780747	peatón hombre
109	6	20:43:00	7061	0.849738	3.0590568	peatón mujer
110	6	20:43:51	5048	1.1885895	4.278922	peatón hombre
111	6	20:44:20	9085	0.6604293	2.3775454	peatón mujer
112	6	20:45:06	6053	0.99124396	3.568478	peatón hombre
113	6	20:45:32	5014	1.1966494	4.3079376	peatón hombre
114	6	20:46:25	6048	0.9920635	3.5714285	peatón hombre
115	6	20:46:47	3029	1.9808519	7.131067	peatón hombre
116	6	20:47:05	5049	1.1883541	4.2780747	peatón mujer
117	6	20:47:54	8065	0.7439554	2.6782393	peatón hombre
118	6	20:49:11	5012	1.197127	4.309657	peatón mujer
119	6	20:49:49	6060	0.990099	3.5643563	peatón hombre
120	6	20:50:47	4034	1.4873574	5.3544865	peatón mujer

121	6	20:51:25	8079	0.7426662	2.6735983	peatón hombre
122	6	20:51:57	6036	0.9940357	3.5785284	peatón hombre
123	6	20:52:41	3031	1.9795448	7.126361	peatón hombre
124	6	20:53:43	5042	1.190004	4.284014	peatón hombre
125	6	20:53:58	5043	1.189768	4.2831645	peatón mujer
126	6	20:54:26	6055	0.9909166	3.5672996	peatón hombre
127	6	20:55:47	6059	0.9902624	3.5649445	peatón hombre
128	6	20:56:44	6061	0.9899357	3.5637684	peatón hombre
129	6	20:57:27	7055	0.85046065	3.0616581	peatón mujer
130	6	20:58:40	5039	1.1907125	4.286565	peatón hombre
131	6	20:59:35	16032	0.3742515	1.3473054	peatón hombre
132	6	21:00:10	6018	0.997009	3.5892322	peatón mujer
133	6	21:00:31	8070	0.74349445	2.67658	peatón mujer
134	6	21:01:26	5044	1.1895322	4.2823157	peatón mujer
135	6	21:02:27	6031	0.9948599	3.5814955	peatón mujer