

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Transporte



Propuesta de gestión de paraderos en Barrio O'Higgins

Proyecto presentado como requisito parcial para la obtención del Título de
Ingeniero de Transporte

Alumno: Eileen Labbé Onetto
Profesor Guía: Alejandra Valencia Vásquez

Valparaíso, junio 2020

Índice

Índice	i
Índice de figuras.....	iii
Índice de tablas	iv
Glosario.....	v
Resumen.....	vi
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación problema	2
1.3 Justificación del problema	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Metodología	6
1.6 Alcances y límites.....	7
1.8 Estructura del proyecto	8
2 Marco teórico	9
2.1.1 Modelo genérico	9
2.1.2 HCM (<i>Highway Capacity Manual</i>)	10
2.1.3 IRENE.....	12
2.2 Estaciones de transferencia.....	13
2.3 Recomendaciones para la implementación de paraderos	15
2.3.1 Espaciamiento entre paraderos	15
2.4.2 Localización de paraderos	18
2.4.3 Diseño de paraderos.....	19
2.5 Velocidad comercial	20
2.6 Demoras en estaciones de transferencia	24
2.7 Detenciones.....	25
2.8 Vissim	26
2.8.1 Transporte público en Vissim	27
2.8.2 Demoras en Vissim.....	27
2.8.3 Tiempo de viaje en Vissim	28
2.8.4 Aplicaciones del software	28
3 Estado del arte.....	30
4. Diagnóstico de la situación actual	33
4.1 Catastro físico-operativo.....	33
4.1.1 Aspectos físicos del sector	33
4.1.2 Aspectos operativos del sector.....	37
4.2 Transporte público	37
4.3 Medición subida y bajada de pasajeros.....	39
4.4 Perfil de carga paraderos cerro Rocuant	41
4.5 Simulación de la red con Vissim	44
4.6 Calibración de la situación actual por PTV VISSIM.....	50
5 Propuesta de solución	53

5.1 Propuesta de implementación de paradero	53
Conclusión y futuros trabajos	62
Referencias.....	64
Anexos	67
Anexo 1.....	67
Anexo 2.....	72

Índice de figuras

Figura 1.1: Calle las Torres.....	3
Figura 1.2: Enrique Cood con Calle San Jorge.....	4
Figura 2.1: Paradero simple	14
Figura 2.2: Paradero dividido	15
Figura 2.3: Diseño de parada y bahía	20
Figura 4.1: Ubicación de paraderos según Google Maps	34
Figura 4.2: Layout del tramo de estudio	35
Figura 4.3: Recorrido línea 702 Top Tur	38
Figura 4.4: Primer paradero informal e inicio de recorrido en calle las Torres.....	40
Figura 4.5: Último paradero informar y fin del tramo en estudio.....	41
Figura 4.6: Perfil de carga medición de subida.	42
Figura 4.7: Tasa de ocupación de microbuses	43
Figura 4.8: Pasajeros en espera de microbús	43
Figura 4.9: Herramientas Vissim 7.00	45
Figura 4.10: Configuración línea de transporte público.	46
Figura 4.11: Configuración de paraderos.	46
Figura 4.12: Paradero en PTV Vissim.....	47
Figura 5.1: Layout situación actual con solución.	54
Figura 5.2: Paradero fijo en red de estudio.....	55
Figura 5.3: Paradero con señalización.....	56
Figura 5.4: Pasajeros abordan los microbuses situación calibrada.....	58
Figura 5.5: Gráfico comparativo de microbuses en circulación.....	59
Figura 5.6: Gráfico diferencia de tiempo de viaje.....	60
Figura 5.7: Gráfico diferencia detenciones.....	61
Figura A2.1: Segundo paradero informal.....	72
Figura A2.2: Tercer paradero informal.....	73
Figura A2.3: Cuarto paradero informal.....	73
Figura A2.4: Quinto paradero informal.....	74
Figura A2.5: Sexto paradero informal.....	74
Figura A2.6: Séptimo paradero informal.....	75
Figura A2.7: Octavo paradero informal.....	75
Figura A2.8: Noveno paradero informal.....	76
Figura A2.9: Décimo paradero informal.....	76
Figura A2.10: Undécimo paradero informal.....	77
Figura A2.11: Duodécimo paradero informal.....	77

Índice de tablas

Tabla 2.1: Valores de Z_a para distintas probabilidades.....	11
Tabla 2.2: Eficiencia de sitios linealmente dispuestos en paraderos	11
Tabla 2.3: Ventajas y desventajas de ubicación de paraderos	18
Tabla 2.4: Valores para determinación del tipo de prioridad	23
Tabla 4.1: Características del sector	36
Tabla 4.2: Características del sector.	36
Tabla 4.3: Velocidad de microbuses.....	37
Tabla 4.4: Resumen de datos empresa Top Tur.....	39
Tabla 4.5: Conteo estación de transferencia	40
Tabla 4.6: Datos ingresados PTV VISSIM.....	44
Tabla 4.7: Indicadores de rendimiento arrojado en PTV VISSIM.	49
Tabla 4.8: Situación actual calibrada de pasajeros comparada con datos tomados en terreno.	50
Tabla 4.9: Situación actual calibrada de transporte público comparada con datos tomados en terreno.	51
Tabla 4.10: Situación actual calibrada de detenciones comparada con lo observado en terreno.	51
Tabla 5.1: Identificación de tipo de diseño de paraderos.	54
Tabla 5.2: Distancia entre paraderos.....	55
Tabla 5.3: Pasajeros que abordan el transporte público.....	57
Tabla 5.4: Comparación de circulación de buses de transporte público.....	58
Tabla 5.5: Comparación de tiempos de viajes	59
Tabla 5.6: Indicador de rendimiento de propuesta de solución	60
Tabla A1.1: Conteo primera estación de transferencia.	67
Tabla A1.2: Conteo segunda estación de transferencia.	67
Tabla A1.3: Conteo tercera estación de transferencia.	67
Tabla A1.4: Conteo cuarta estación de transferencia.....	68
Tabla A1.5: Conteo quinta estación de transferencia.	68
Tabla A1.6: Conteo sexta estación de transferencia.	69
Tabla A1.7: Conteo séptima estación de transferencia.	70
Tabla A1.8: Conteo octava estación de transferencia.	70
Tabla A1.9: Conteo novena estación de transferencia.....	71
Tabla A1.10: Conteo décima estación de transferencia.....	71
Tabla A1.11: Conteo último paradero en estudio	72

Glosario

Demoras	Tiempo que emplea un vehículo al detenerse en una parada o intersección.
Detenciones	Total de detenciones que realiza un vehículo en la vía, en unidad de tiempo o número medio de detenciones por vehículo.
Velocidad Comercial	Corresponde a la velocidad promedio de recorrido que emplean los vehículos del transporte público, incluyendo demoras y detenciones.
Tiempo de viaje	Valor promedio del tiempo empleado por los vehículos en recorrer la red.
VISSIM	Software para simulación microscópica y multimodal del tránsito.
Velocidad recorrido	Velocidad media alcanzada por un vehículo al recorrer un tramo determinado sin interrupciones.

Resumen

En muchos de los cerros de Valparaíso se ha incrementado la población con el transcurso de los años, y con esto se han generado nuevas vías de conexión y puntos de parada para el transporte público. Sin embargo, la ausencia de un buen diseño vial es una problemática para la mayoría de los cerros, ya que en muchos casos no se encuentran actualizados o no cuentan con los diseños necesarios para que los residentes puedan circular y esperar el transporte de manera expedita.

Uno de los cerros que se enfrenta a esto es Rocuant ubicado en Barrio O'Higgins. En las horas punta mañana, tanto los microbuses como los usuarios no logran el cumplimiento de itinerarios y tiempos de viaje deseados, debido a las constantes detenciones que realizan los buses para tomar pasajeros y la ausencia de paraderos formales en el sector.

Por lo tanto, el objetivo principal de este proyecto es disminuir las detenciones, demoras y tiempos de viaje de los buses que circulan en el sector de estudio, a través de medidas de mitigación que incluyan cambios en el diseño vial, específicamente en la implementación de paraderos formales.

Para cumplir con el objetivo se realiza una simulación de la situación actual del comportamiento del transporte público y de los pasajeros en el sector de estudio, para luego proponer y simular una solución a las falencias detectadas. Para ello, se utilizará el *software* de microsimulación PTV VISSIM.

La propuesta de solución estudiada consiste en la implementación de paraderos formales y aumentar la flota de microbuses que circulan en el sector. A raíz de lo anterior, se obtienen como resultado 8 paraderos fijos a lo largo del tramo de estudio, con una distancia promedio entre ellos de 150 metros, unos con refugios peatonales y otros solo con la señalética correspondiente al paradero. El flujo de buses aumentó a doce microbuses en circulación con una frecuencia de cuatro minutos entre ellos, con esto, lo que se logra transportar a todos los pasajeros que esperan en los paraderos. Finalmente, se obtiene una disminución de las detenciones y tiempo de viaje del transporte público en un 37% y 55% respectivamente.

Palabras claves: Gestión de transporte público, diseño vial, diseño de capacidad de paradero.

1 Introducción

Valparaíso se compone de 45 cerros, cada uno de ellos con características únicas en cuanto a viviendas, calles, topografía entre otros. Actualmente, el crecimiento de población ha ido en aumento y debido a la gran expansión y las dificultades de acceso, existen sectores de estos cerros que se encuentran sin un diseño establecido para el transporte público y usuarios, lo cual se agrava a medida que se asciende a los sectores más alto de los barrios. Un claro ejemplo de lo anterior es cerro Rocuant ubicado en barrio O'Higgins, específicamente entre la calle Las Torres y Enrique Coo con San Jorge, el cual se ve afectado por la ausencia de diseño vial, específicamente en la ausencia de paraderos. Los usuarios debido a lo anterior generan paradas informales a lo largo de la red de estudio generando en la actualidad trece paraderos.

Debido a lo anterior es que este estudio busca modificar y actualizar el diseño, en específico de los paraderos que no posee hoy en día este cerro de Valparaíso, a través del microsimulador PTV VISSIM el cual arroja resultados claves para abordar la problemática presente. Para la implementación y diseño de paraderos se debe conservar las características físicas que posee cerro Rocuant, proporcionando el uso eficiente de paradas para los usuarios y a su vez entregar de manera expedita el servicio que entrega el transporte público.

1.1 Antecedentes

El Cerro Rocuant se encuentra ubicado en el Barrio O'Higgins de la comuna de Valparaíso y es uno de los cerros con más antigüedad. A fines de la década de 1930 y comienzos de 1940 comienzan los primeros movimientos de población, debido a la alta cantidad de habitantes que se encontraba en el centro de la ciudad (Valdivia, 2009).

En 1992 se lleva a cabo el primer conteo de habitantes que se encontraba en el sector, el cual arroja una cantidad correspondiente a 8.934 personas. Luego, en el primer censo realizado en el año 2002, el aumento de la población fue de 14.419 habitantes localizados en el barrio, al año 2017 la cantidad de habitantes asciende a 15.000 (Poduje, 2018).

Una de las características del sector mencionado anteriormente es el crecimiento de su población evidenciado a lo largo del tiempo, es por lo anterior que se hace necesario un diseño vial acorde a las necesidades y requerimientos de los usuarios (Atisba, 2018).

Es así, como el diseño que posee el sector no cuenta con la actualización correspondiente, lo cual se evidencia en la falta de demarcación de las vías y en la poca o nula presencia de paraderos establecidos, lo que trae como consecuencia que los usuarios y el transporte público se vean terriblemente afectados en el día a día.

1.2 Situación problema

Cerro Rocuant ubicado en Barrio O'Higgins ha crecido de manera significativa de población. A raíz del crecimiento considerable de población y por sobre todo en lugares más alto del barrio el diseño vial necesario no se encuentra actualizado, debido a la escasa inversión de la Municipalidad de Valparaíso en cerro Rocuant. Lo mencionado afecta fundamentalmente a la calle principal, donde circula el transporte público, que comprende un tramo que abarca desde calle las Torres hasta Enrique Codo con calle San Jorge, con un total de 1.2 kilómetros. Cabe destacar que este sector posee conexión directa con el centro de la ciudad y cuenta con solo una línea de microbuses.

Se observa que en el tramo mencionado anteriormente, no cuenta con demarcación, paraderos definidos y cantidad de microbuses el cual requiere cerro Rocuant. Dado a lo anterior, surge la siguiente problemática, el transporte público al no contar con paraderos definidos se debe detener en los lugares que los pasajeros identifican como paradas, lo que genera un retraso en el itinerario dado por la línea de transporte público como para los usuarios que utilizan este medio de transporte. Por otro lado, se observa que la demanda no se ajusta a la capacidad de los paraderos ni a la frecuencia y cantidad de microbuses.

Según (TMV, 2019) la frecuencia que debe cumplir la línea es de 4 minutos con 12 microbuses en circulación, sin embargo, lo mencionado no se ajusta con lo observado en terreno. Actualmente, circulan seis microbuses en el sector el cual tiene una frecuencia de 7 minutos entre ellas, desde calle las Torres hasta calle Enrique Codo con San Jorge, tardando entre 13 a 15 minutos aproximadamente en realizar el recorrido. Se identifica que en el tramo

de estudio existen 13 paradas informales. Producto de lo anterior, el transporte no da cumplimiento al itinerario y flota de microbuses establecidas por la empresa Top Tur y el Transporte Metropolitano de Valparaíso (TMV, 2019). Por otra parte, la ausencia de demarcación y diseño vial en la vía genera un peligro para el transporte en general, ya que no se encuentra el sentido de las pistas ni señales de prioridad, lo que puede generar futuros accidentes en el sector. Así también podemos señalar que esta situación se presenta generalmente en hora punta, es decir, durante la mañana, la cual comprende un horario que va desde las 7:00 am hasta las 8:00 am.

A continuación, se presenta la Figura 1.1 y Figura 1.2, la primera de ellas corresponde a calle las Torres donde se inicia el recorrido del transporte público, en ella se observa la ausencia de pavimentación, señalización y paraderos fijos. En la segunda ilustración la cual es calle Enrique Cood con San Jorge, corresponde al final del tramo estudiado, en aquel sector se observa la ausencia de diseño y de paraderos fijos, cabe destacar que el transporte público transita por este lugar y realiza la última toma de pasajeros, para así continuar el recorrido en dirección al centro de Valparaíso.

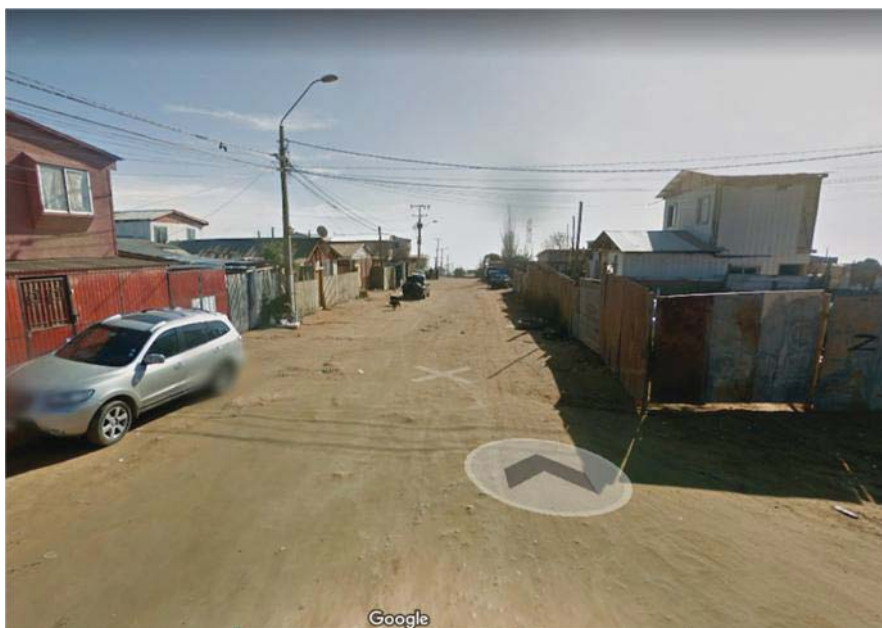


Figura 1.1: Calle las Torres.
Fuente: Recuperado de google maps (mayo,2019)



Figura 1.2: Enrique Cood con Calle San Jorge.
Fuente: Recuperado de Google Maps (mayo, 2019).

1.3 Justificación del problema

La ausencia de diseño vial en Cerro Rocuant afecta directamente al transporte público y a los usuarios residentes del sector, principalmente por la ausencia de demarcación, de paraderos definidos y circulación correspondiente a la demanda que presenta el tramo de estudio. El transporte público presenta retrasos en el itinerario, constantes detenciones y baja circulación de microbuses. Al ocurrir lo anterior, la mayoría de los usuarios optan por utilizar transporte privado, lo que finalmente en consecuencia genera una mayor congestión en el centro de la ciudad, debido a la alta cantidad de vehículos y microbuses circulando en un horario en común. Sin embargo, esta alternativa, no es la realidad de todas las personas del barrio, debido a que deben utilizar el transporte público para poder llegar a destino.

A raíz de la ausencia de paraderos en el sector, los usuarios generan paraderos informales provocando que a lo largo del recorrido los microbuses se deban detener de manera constante, lo que genera un retraso tanto para los usuarios como para los choferes del transporte público.

Por otro lado, el transporte público al no dar cumplimiento al itinerario genera un retraso en la frecuencia que poseen los microbuses, provocándose así el descontento de los choferes y

usuarios, debido a las largas esperas. Un factor importante que afecta a ambos actores es la baja circulación de microbuses que existe en cerro Rocuant ya que en la actualidad solo seis microbuses se encuentran activos para satisfacer las necesidades del cerro en estudio.

Es por lo anterior, que al realizar el presente estudio se busca, una implementación correcta de paraderos para así disminuir la tardanza de los usuarios en la llegada a su destino y a su vez lograr el correcto cumplimiento del itinerario del transporte público propuesto por Top Tur y así también aumentar la cantidad de microbuses que circulan en el sector. Es por esto que, se consideran los siguientes parámetros: Subida y bajada de pasajeros, capacidad de paraderos y tiempo de despeje de los microbuses, capacidad de estaciones de transferencia, demoras y detenciones para la incorporación de diseño en el sector e implementación de paraderos fijos en el tramo señalado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar gestión de paraderos en Barrio O'Higgins en un tramo que comprende desde calle las Torres hasta Enrique Cood con calle San Jorge, con el propósito de mejorar los indicadores de rendimiento de demora, detenciones y tiempo de viaje a través de simulación de alternativas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Revisar la teoría y los trabajos asociados al estudio, para así determinar los indicadores de rendimientos relevantes mediante observaciones y análisis.
- Elaborar un catastro físico operativo de la demanda del sector y del sistema de transporte, para determinar las detenciones y demoras que se presentan, a través de datos en terreno.
- Realizar una simulación de la situación actual del comportamiento del transporte y de las personas, para luego obtener distintas propuestas de solución, por medio de simuladores.

- Generar propuesta de alternativas para implementar paraderos en el sector a través de simulación en programa PTV VISSIM.
- Evaluar utilidad de las propuestas planteadas para la elección de la alternativa de solución conveniente para el proyecto, mediante la comparación de la situación actual.

1.5 Metodología

Para llevar a cabo los objetivos propuestos en el proyecto, en primer lugar, se deben revisar los manuales y documentos como REDEVU (2010) y Fernández (2008). Luego, analizar el comportamiento actual que tiene la demanda del sector y del transporte público en hora punta mañana. A través de la salida a terreno en donde se analiza el comportamiento de la demanda y del transporte público, se busca obtener cuáles son los principales factores que afectan al transporte y a los pasajeros.

Por otro lado, se realiza un análisis de la situación actual, exponiendo cuales son las condiciones que presenta el transporte público, los usuarios, las características físicas y operativas del sector y la prioridad de implementar los paraderos.

Se realiza el estudio del comportamiento de la situación actual con el conteo de estación de transferencia obtenido en terreno, donde se mide las detenciones, demoras, el tiempo de subida y bajada de los pasajeros del transporte público, la tasa de ocupación, capacidad de paradero y pasajeros que no logran abordar el transporte público, describiendo cada una de las situaciones que se van presentando. Un punto importante para considerar es la demanda que se encuentra en el tramo, para analizar en qué sectores es necesaria la implementación de paraderos.

Se procede a realizar los cálculos de detenciones y demoras que tiene el transporte público, es decir, cuánto es el tiempo de parada en el sector con mayor flujo de pasajeros y cual es el tiempo de subida y bajadas de ellos. Por otro lado, se calcula la tasa de detenciones que realiza el transporte y finalmente cuál es la capacidad aproximada que se debe considerar al implementar un paradero. Luego de realizar lo mencionado anteriormente, se puede comenzar la construcción de la situación actual que posee el área en estudio, para luego ser llevadas a una microsimulación a través del software VISSIM. Luego de realizar lo anterior, se procede a calibrar la situación actual para poder obtener resultados lo más cercana a la realidad posible.

De ella se desprende resultados que permiten definir problemas e identificar situaciones puntuales a considerar en la siguiente etapa la cual corresponde a la elaboración de posibles soluciones en base a los indicadores obtenidos en la primera simulación, considerando como objetivo para las propuestas la disminución de los valores e indicadores obtenidos.

Luego de lo mencionado anteriormente, comienza la siguiente etapa en la cual se realiza la construcción de la solución basada en manuales como: Recomendaciones para el Diseño de Elementos de infraestructura Vial Urbana (REDEVU, 2009), Manual de Vialidad Urbana (MESPIVU, 2013).

Finalmente, se analiza los resultados obtenidos del punto anterior, comparándolos con la situación actual, analizando los cambios y beneficios obtenidos. Luego de esto se llega a conclusiones pertinentes para la toma de decisión factible para la implementación de paraderos en cerro Rocuant.

1.6 Alcances y límites

Los límites del proyecto se enfocan principalmente en el comienzo del recorrido de los microbuses, el cual comprende un tramo desde calle las Torres hasta Enrique Cood con calle San Jorge, se estudia el trayecto de bajada al centro de la ciudad, ya que se presenta la mayor cantidad de conflictos asociados a diseño vial, específicamente en la ausencia de paraderos. Por lo tanto, la toma de datos se realiza en hora punta mañana desde las 07:00 a 8:00, que es donde se presenta la problemática mencionada anteriormente.

En lo que a toma de decisiones respecta, se debe realizar bajo normativas y manuales actualizados como REDEVU (2009), MESPIVU (2013) y Fernández (2008) para así generar las soluciones recomendadas, las cuales deben estar relacionadas con el diseño vial del sector, específicamente en la implementación de paraderos.

Dentro de los alcances que posee el proyecto se encuentra el actualizar el diseño vial, conservando los aspectos físicos más relevantes e implementando un diseño acorde a las necesidades que presentan los usuarios residentes del sector. Relacionado con lo anterior, se encuentran los manuales de diseño vial, principalmente REDEVU (2009), MESPIVU (2013) y Fernández (2008), en donde es posible visualizar las recomendaciones de diseño vial. Es

importante mencionar, que para la implementación de paraderos en el tramo descrito se deben considerar normativas actuales del microsimulador VISSIM.

1.8 Estructura del proyecto

El estudio cuenta con cuatro partes principales, comenzando con la definición del problema y la manera en que se quiere abordar el proyecto. El segundo capítulo del proyecto se enfoca a la teoría del proyecto, donde se encuentran conceptos y definiciones que permitan comprender de mejor manera el tema en estudio acerca del diseño vial. En el tercer capítulo se efectúa una revisión de la literatura asociada con el tema del proyecto en el cual se trabaja, lo que se denomina estado del arte. El objetivo de lo anteriormente mencionado es analizar las investigaciones realizadas y del mismo modo dar conocimiento de la situación problema.

La cuarta parte del proyecto corresponde al capítulo de la situación actual del área de estudio, en ella se detalla lo obtenidos de los conteos de estación de transferencia y de los datos recopilados los cuales sirven para establecer un diagnóstico de la situación actual.

Finalmente, en los capítulo quinto y sexto corresponden al desarrollo y análisis de la situación con proyecto planteados, frente al diagnóstico el cual fue aplicado a la situación actual del área de estudio; y en el último capítulo se entregan las conclusiones generadas del proyecto con las respectivas proyecciones.

2 Marco teórico

El capítulo se enfoca en la teoría existente en el área del estudio, debido a que se hace relevante a la hora de diseñar las posibles soluciones para respaldar las propuestas. Para realizar el análisis de diseño vial específicamente en la implementación de paraderos en el sector, este capítulo contempla el análisis de capacidad de estaciones de transferencia y de los usuarios que utilizan éstos dentro del tramo, de tal manera para proponer alternativas de solución urbana a la problemática que se observa. El análisis se lleva a cabo con los manuales REDEVU (2009) y Fernández (2008) el cual da recomendaciones de diseño.

2.1 Capacidad de estaciones de transferencia

Según Fernández (2008) la capacidad de una estación de transferencia puede medirse desde dos perspectivas. La primera considera la máxima cantidad de objetos que pueden ser transferidos en la estación por una unidad de tiempo. La segunda corresponde a la perspectiva de la circulación de vehículos, donde, la capacidad es la máxima cantidad de vehículos que pueden ser atendido por unidad de tiempo. En síntesis, se puede definir capacidad de tráfico de una estación de transferencia como la máxima cantidad de vehículos que puede entrar a la estación por unidad de tiempo. Cabe destacar que existen 3 modelos para el cálculo de capacidad de una estación de transferencia, el cual comienza con un modelo Genérico, continua el con modelo HCM (*Highway Capacity Manual*, 2000) la cual es una publicación de (TRB, 200) y finalmente con el modelo IRENE (Gibson et al, 1989), los cuales serán definidos a continuación.

2.1.1 Modelo genérico

La capacidad de una estación de transferencia depende de diversas variables, ya sea el lugar de carga y descarga, el tiempo de ocupación en la estación y finalmente el tiempo en que los sitios se encuentran con disponibilidad. A continuación, se presenta la formula del modelo.

$$Q_E = \frac{3600\alpha}{t_0} \quad (2.1)$$

Donde:

Q_E = capacidad de tráfico por estación [veh/h]

N = número de lugares de carga y descarga o sitios

t_0 = tiempo promedio que la estación está ocupando o tiempo de ocupación [s]

α = proporción del tiempo que los sitios están disponibles

2.1.2 HCM (*Highway Capacity Manual*)

El modelo *Highway Capacity Manual* es definido para paraderos aislados con sitios linealmente dispuestos uno tras otros. Este propone la siguiente ecuación para el cálculo de capacidad:

$$Q_N = \frac{3600(g/c) N_e}{t_c + (g/c)t_d + Z_d C_v t_d} \quad (2.2)$$

Donde:

Q_N = capacidad de un paradero de N sitios [bus/h]

g = verde efectivo de semáforo aguas abajo del paradero, si existe [s]

c = tiempo de ciclo del semáforo aguas abajo [s]

N_{eb} = número efectivo de sitios

t_c = tiempo de despeje del paradero entre buses sucesivos [s]

t_d = tiempo promedio de transferencia de pasajeros [s]

C_v = coeficiente de variación de t_d

Z_a = abscisa de la curva normal asociada a una probabilidad a que se forme cola aguas arriba del paradero.

Para la obtención del parámetro Z_a hay que considerar distintas probabilidades de falla de un paradero. El modelo HCM sugiere utilizar una probabilidad de falla de diseño de 7,5 % a 15% en paraderos ubicados en el centro de la ciudad. Por otro lado, para paraderos en bahía, se recomienda una probabilidad de falla de no más de 2,5%. El modelo HCM (2000) acota que, bajo circunstancias normales, la capacidad ocurre para un 25% de probabilidad de falla (Fernández, 2008). A continuación, en la Tabla 2.1 se presenta la probabilidad de falla y el porcentaje del tiempo en que un bus se encuentra en la cola en la entrada de un paradero.

Tabla 2.1: Valores de Z_a para distintas probabilidades

a[%]	1,0	2,5	5,0	7,5	10	15	20	25	30	50
Z_a	2,330	1,960	1,645	1,440	1,280	1,040	0,840	0,675	0,525	0,000

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, Fernández 2008

Para la obtención del número efectivo de sitios en la Tabla 2.2 entrega valores de eficiencia de los sitios linealmente dispuestos en paraderos, el cual explica en ella que si posee un sitio es completamente eficiente ya que está ocupado a un 100% del tiempo, al agregar un segundo sitio, este aporta un 85% a la capacidad de atención de vehículos, si se agrega un tercer sitio aportara un 60% de eficiencia. Sin embargo, al agregar un cuarto y quinto sitio solo se agrega un 20 y un 5 % de capacidad de atención (Fernández, 2008).

Tabla 2.2: Eficiencia de sitios linealmente dispuestos en paraderos

N° de sitios	Sin adelantar en paradero		Adelantamiento en paradero	
	Eficiencia %	N_{eb}	Eficiencia %	N_{eb}
1	100	1,00	100	1,00
2	85	1,85	85	1,85
3	60	2,45	75	2,6
4	20	2,65	65	3,25
5	5	2,7	50	3,75

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, Fernández 2008

Para la obtención del parámetro t_d se debe considerar el tiempo de transferencia de pasajeros, el cual es el tiempo durante el cual el bus permanece detenido para la subida y bajada de los usuarios. Se debe considerar la siguiente formula.

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_o \quad (2.3)$$

Donde:

P_a = número de pasajeros que baja por bus por la puerta más usada en los 15 min punta

t_a = tiempo de bajada de un pasajero [s/pax]

P_b = número de pasajeros que suben por bus por la puerta más usada en los 15 min punta

t_b = tiempo de subida de un pasajero [s/pax]

t_o = tiempo de apertura de cierre de puertas [s]

2.1.3 IRENE

Este modelo de simulación calcula capacidad, demoras y colas en paraderos. Es un programa de modelación mesoscópico de paraderos de múltiples sitios el cual permite aparentar el rendimiento de un paradero, bajo distintos niveles de demanda (Gibson et al, 1989)

Para calcular la capacidad de un paradero de N sitios, en [bus/h], a través de la siguiente formula.

$$Q_B = \frac{3600n}{t_0} \quad (2.4)$$

Donde:

n = es el número medio de vehículos que puede entrar al paradero.

t_0 = es el tiempo de ocupación del paradero.

2.2 Estaciones de transferencia

“Una estación de transferencia es un tipo particular de estación de transferencia designada al encuentro entre pasajeros y vehículos de transporte público” (Fernández, 2008). Ejemplos de ella son estaciones de metro o tren, terminales de taxis, paraderos de buses entre otros. En este caso son paraderos de buses, con el objetivo de ayudar a la accesibilidad, proporcionar acceso y facilitar el desplazamiento de los vehículos (Fernández, 2008).

Los datos por tomar en este caso se pueden medir con una muestra mínima entre 15 y 30 minutos, sin embargo, para una mayor exactitud medir durante 1 hora, los datos son medidos en terreno y se presentan a continuación:

Tiempo de despeje del paradero entre buses sucesivos, comprende la medición de porcentaje de buses que se detienen en paraderos. La medición del número de buses que se detienen en paraderos debe considerar:

- Medir todos los buses que pasan por los paraderos
- Medir los buses que se detienen en paraderos
- Medir los buses que no se detienen en el paradero
- Considerar el bus se detuvo en el paradero y luego en la intersección aguas abajo (si este tiene influencia con semáforo aguas abajo)

Tiempo promedio de transferencia de pasajeros, es el tiempo durante el cual el bus permanece detenido por operaciones de subida y bajada de pasajeros, depende de la cantidad de pasajeros que se transfiere y de la rapidez con la que lo hacen. La medición debe considerar:

- Tiempo de bajada de un pasajero [s/pax]
- Tiempo de subida de los pasajeros [s/pax]
- Tiempo en que se abre y cierran las puertas [s]
- Número de pasajeros que baja por bus por la puerta más usada en los 15 min punta.

- Número de pasajeros que suben al bus por la puerta más usada en los 15 min punta.
- Total de buses que pasan por el paradero [%]

Las estaciones de transferencia poseen 3 objetivos fundamentales los cuales son:

- Ayudar a la accesibilidad
- Proporcionar acceso en la entrada y salida de los vehículos
- Facilitar el desplazamiento y circulación de los vehículos

Un paradero de buses puede definirse como un espacio de la plataforma vial compuesta por un área de parada y un andén. Existen actualmente dos tipos de paradas, las cuales son:

Parada simple: Si el flujo de buses y la demanda de pasajeros son bajos, basta con un paradero compuesto por un área de parada y uno o más sitios. El objetivo principal de este paradero es proporcionar el acceso al sistema de transporte público el cual facilidad para entrar y salir del sistema. En la Figura 2.1 presenta un paradero simple, el cual está compuesto por dos sitios y un andén.

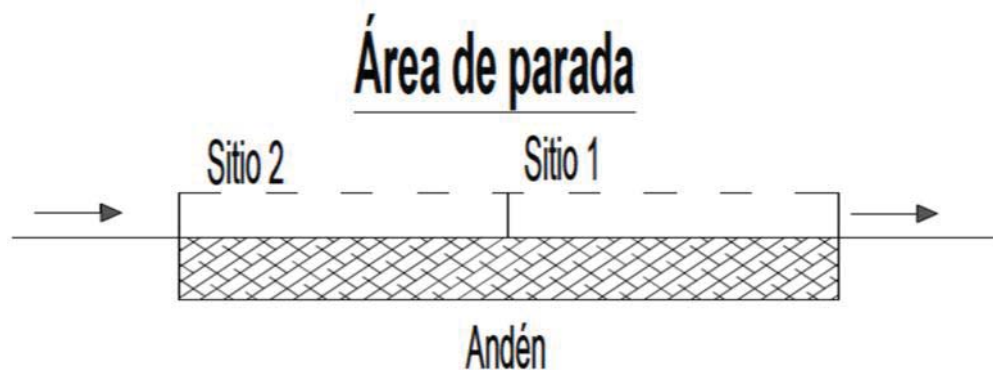


Figura 2.1: Paradero simple

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, Fernández, 2008.

Paradero dividido: dispositivo vial el cual depende del flujo y de la demanda son mayores. En el caso de lo mencionado anteriormente se requiere un área de parada, dividiendo un paradero en varios paraderos simples más pequeños, el cual se denomina subparadero. En la Figura 2.2 se observa paradero dividido el cual explica lo mencionado anteriormente.

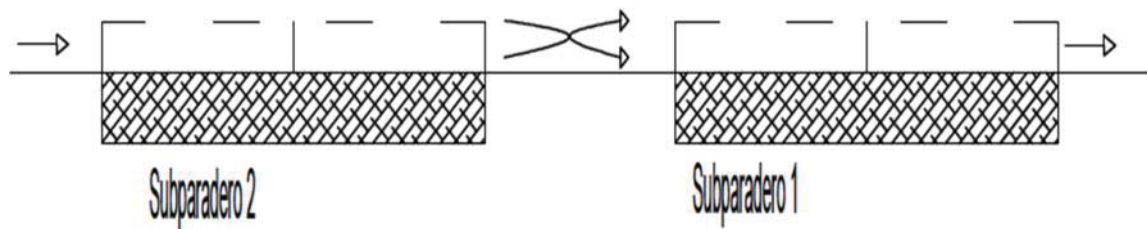


Figura 2.2: Paradero dividido
Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, Fernández, 2008.

2.3 Recomendaciones para la implementación de paraderos

La función de un paradero corresponde en proteger al peatón del flujo vehicular, de las condiciones climáticas y finalmente facilita a los usuarios un lugar de descanso mientras espera la llegada del bus en el paradero (Fernández & Valenzuela, 2002).

Para la planificación de las detenciones que realiza el transporte público se debe considerar la ruta que este realiza, es por esto, que se debe considerar tres aspectos importantes los cuales son: espaciamiento, localización y diseño de los paraderos (Fernández & Valenzuela, 2002)

2.3.1 Espaciamiento entre paraderos

El uso de espaciamientos entre paraderos demasiados cortos, degrada la calidad del servicio prestado, en términos de velocidad de operación que posee el transporte público. Así mismo, las constantes detenciones generan gastos elevados para proveer facilidades de implementación de refugios, banquillos y paneles de información. Por otro lado, si los espaciamientos son demasiado largos, aumenta la distancia de caminata desde el punto de origen hasta el paradero, en consecuencia, de lo anterior, las condiciones de accesibilidad al sistema de transporte público empeoran. Por lo que es necesario un compromiso entre un corto acceso o cercanía a los paraderos y una elevada velocidad de operación del servicio con paradas disgregadas (Fernández & Valenzuela, 2002).

Por lo tanto, para una eficiente implementación de espaciamientos entre paraderos, se debe relacionar la cantidad de viajes generados y atraídos, junto al volumen de pasajeros que circula a través del área analizada. El espaciamiento debe ser tal que en promedio no supere los 400 m a 500 m ni sea inferior a los 250 m a 300 m. Existen casos excepcionales, el cual es posible considerar los espaciamientos inferiores a lo mencionado anteriormente, este caso solo se permite cuando los paraderos son divididos, producto de elevadas demandas por subidas/bajadas (Fernández & Valenzuela, 2002).

Un modelo desarrollado en Chile por Cade-Idepe (1988) determina el espaciamiento óptimo entre paraderos generando impactos positivos tanto para el operador como para los usuarios ya que disminuye el tiempo de caminata y demora en los paraderos. Por otro lado, el transporte público al realizar la operación disminuye costos de operación por detención.

Para obtener la distancia óptima de diseño de paraderos se puede calcular con la siguiente formula (Cade- Idepe, 1988):

$$d^* = \sqrt{\frac{1000\lambda q_b v_p m}{P_d \alpha} [2P_c(C_d + d_p C_r) + d_p T_b V]} \quad (2.5)$$

Donde:

d^* = distancia óptima entre paraderos en metros

λ = proporción de buses que se detienen en paraderos

Q_b = flujo de buses que pasa por el paradero (bus/h)

P_c = precio social del combustible

C_d = consumo unitario por detención del bus

d_p = demora media en paraderos (s)

v_p = velocidad de caminata

C_r = consumo unitario al relanti

TO_b = tasa de ocupación de los buses en el tramo y período

VT = valor subjetivo del tiempo

P_d = densidad de demanda de pasajeros en el tramo, subida y bajada (pax/km-h)

m = parámetro distancia media caminata

α = ponderador del tiempo de acceso

N_p = número de paraderos

P_s = tasa de pasajeros que suben (pax/bus)

P_b = tasa de pasajeros que bajan (pax/bus)

Para identificar el número de sitios que se requieren se debe tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{L_t}{d^*} \quad (2.6)$$

Donde:

L_t = largo de transporte público en [m]

d^* = distancia óptima entre paraderos en [m]

Un factor importante y complemento de las fórmulas mencionadas anteriormente son los pasajeros que suben y bajan de los microbuses, para el cálculo mencionado anteriormente se definen las siguientes fórmulas.

Pasajeros que suben:

$$P_s = \frac{q_{p_s}}{N_p * q_b \lambda} \quad (2.7)$$

Pasajeros que bajan:

$$P_s = \frac{q_{p_b}}{N_p * q_b \lambda} \quad (2.8)$$

2.4.2 Localización de paraderos

Existen tres tipos de ubicaciones de paradero a lo largo de la calle o vía, el primero es antes de la intersección, el segundo pasada de la intersección y finalmente a mitad de cuadra (Ward, 2011). Según que presentan las ubicaciones mencionadas anteriormente se presentan en la Tabla 2.3 a continuación:

Tabla 2.3: Ventajas y desventajas de ubicación de paraderos

Ubicación	Ventajas	Desventajas
Antes de la intersección	Minimiza los conflictos entre girar a la derecha vehículos y autobuses. Minimiza la distancia visual y disminuye los problemas de enfoque de intersección. Alienta a los peatones a cruzar detrás de los microbuses.	Puede obstruir la distancia para cruzar vehículos. Puede hacer que un autobús se detenga hacia el costado después de detenerse ante un periodo de rojo. Puede aumentar el número de accidente.

Después de la intersección	Permite a los pasajeros acceder a los microbuses más cerca del paso de peatones. Elimina la doble parada. Permite a los pasajeros abordar el microbús y pagar el pasaje cuando este se encuentre un semáforo en rojo.	Aumenta los conflictos con vehículos de giro a la derecha. Puede causar una distancia visual por los vehículos detenidos a la derecha de los microbuses. Genera una obstrucción visual para los peatones debido que les genera problema para cruzar
Mitad de cuadra	Minimiza la distancia visual, disminuye conflictos de vehículos y peatones. Las áreas de paradas pueden experimentar menos congestión peatonal.	Requiere distancia adicional para restricciones de no estacionar. Aumenta la distancia de caminata para los peatones para el cruce de la intersección.

Fuente: Ward, (2019).

2.4.3 Diseño de paraderos

Según el estudio de Fernández & Valenzuela (2002), un diseño simple de paradero es aquél en donde los buses se detienen al borde de la acera y sobre la vía. Sin embargo, a pesar de que el diseño es conveniente para los pasajeros y requiere mínimas maniobras, genera un bloqueo del resto del tráfico durante la detención.

“Una mejor ubicación del paradero es fuera de la pista de circulación, dado que se provee mejor seguridad y menor interferencia al resto del tráfico. La ubicación más común es en pistas destinadas a estacionamientos y en bahías especiales. Las pistas destinadas a estacionamientos normalmente se ubican al lado de la vereda, en consecuencia, es necesario prohibir estacionamiento, vía señalización o textura de pavimento, en donde se ubique el paradero, es una mejor versión de diseño ya que elimina el estacionamiento ilegal en el área de parada.

Los diseños en bahías son particularmente exitosos en vías con una pista por sentido o en vías multipistas de elevado tráfico, en donde la detención en la pista de circulación genera

mayores demoras e interrupción de la circulación” (Fernández & Valenzuela, 2002). En la Figura 2.3 se presenta un bosquejo de los diferentes diseños de áreas de paradas y bahías.

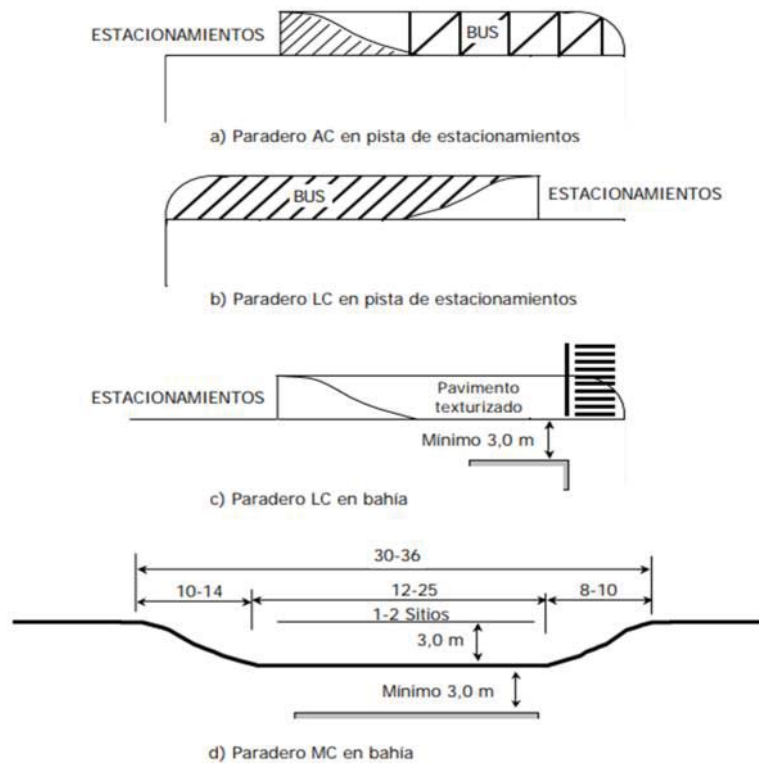


Figura 2.3: Diseño de parada y bahía

Fuente: Diagnóstico y diseño de facilidades al transporte público, Fernández y Valenzuela (2002)

2.5 Velocidad comercial

La velocidad comercial (V_c) es la velocidad promedio empleada de vehículos del transporte público para realizar un viaje completo de recorrido, la cual incluye demoras de cualquier tipo. La velocidad comercial de un bus en un tramo corresponde a la velocidad media de viaje entre un paradero origen y otro destino, incluyendo todas las detenciones intermedias. Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$V_c = \frac{L}{T_v} \quad (2.9)$$

Donde:

L = longitud del tramo [km]

T_{viaje} = tiempo total de viaje en el tramo en [s]

Dentro de esta se puede obtener indicadores de niveles de servicio para usuarios, indicadores del costo de operación y finalmente el tiempo total del viaje en el vehículo. De lo mencionado anteriormente se desprende la siguiente fórmula.

$$T_t = t_m + t_i + t_p \quad (2.10)$$

Donde:

t_m = tiempo consumido en movimiento [s]

t_i = tiempo consumido en intersección [s]

t_p = tiempo consumido en paraderos [s]

Los tiempo de viaje en movimiento t_m , los tiempos de viaje en paraderos y consumidos en intersecciones t_i , están dado según las siguientes expresiones:

$$T_m = \frac{L}{V_r} \quad (2.11)$$

$$T_t = N_i * d_i \quad (2.12)$$

$$T_t = N_p * d_p \quad (2.13)$$

Donde:

V_r : velocidad de recorrido de buses, excluida las detenciones

N_i : número de intersecciones en el tramo

d_i : demora media de bus por intersecciones en [s]

N_p : número de paraderos en el tramo

D_p : demora media por bus en paraderos en [s]

Esta última se obtiene de la siguiente manera:

$$d_p = d_o * d_c \quad (2.14)$$

Donde:

d_o : demora media por bus debido a la transferencia de pasajeros en [s]

d_c : demora media por bus debido a congestión de paraderos en [s]

Cabe destacar que se debe considerar el tiempo que tardan los microbuses en recorrer el tramo, por lo que se desprende la siguiente fórmula.

$$T_t = \frac{L}{V_c} \quad (2.15)$$

Donde:

T_t : tiempo total de viaje en un tramo o ruta

L : longitud del tramo en [km]

V_c : velocidad comercial en [km/h]

Para establecer medidas de prioridad a buses en intersección, paraderos y tramos de vías, se debe considerar las variables de tiempos como demoras, detenciones y colas. En la Tabla 2.4 la cual fue establecida por Fernández (1999) mencionan que si la velocidad de recorrido es menor de 35[km/h] se requiere implementar medidas de prioridad en tramos de vías. Por otro lado, si la velocidad comercial en intersecciones, tramos de vía o paraderos es menor de 20 [km/h], se solicita establecer medidas de prioridad a buses en todo el eje (Fernández, 1999).

Tabla 2.4: Valores para determinación del tipo de prioridad

Variables	Tramos	Intersecciones	Paraderos
Velocidad comercial [km/h]		<20	
Velocidad recorrido [km/h]	<35	-	-
Demoras [veh-s/s]	-	> C/4	>60
Detenciones [det/veh]	-	>1,0	>1,0
Colas [veh]	-	>D	>0,5

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular, Fernández, 1999.

2.6 Demoras en estaciones de transferencia

Según Fernández (2008), la demora total se puede promediar de dos formas, lo que origina dos indicadores:

D_t : demora total por unidad de tiempo en el período t en [veh/h/H] , [veh-s/s] o [veh]. Es la demora total dividida por la duración del período t .

d_a : es la demora promedio por vehículo en el período t en [veh-h/veh], [h] o [s]- Es la demora total dividida por el número de vehículos que hubo en cola en el período t .

Las demoras pueden ser descritas según la transformada de Whitting a través de la tasa de demora por unidad de tiempo en un periodo t y la demora promedio por vehículo en el mismo período t , dada por:

$$D_t = \frac{1}{2} \left(\sqrt{U_D^2 + V_D} - U_D \right) \quad (2.16)$$

$$U_D = \frac{(1-x)(Q)^2 - 2(L_0 - 1)Q - 4(1-c)(L_0 + x)}{2[Q + (1-c)]} \quad (2.17)$$

$$V_D = \frac{2(2L_0 + x)[Q - (1-c)(2L_0 + x)]}{Qt + 2(1-c)} \quad (2.18)$$

$$d_t = \frac{1}{2} \left(\sqrt{U_d^2 + V_d} - U_d \right) \quad (2.19)$$

$$U_d = \frac{t}{2} (1-x) - \frac{1}{Q} (L_0 - c + 2) \quad (2.20)$$

$$V_d = \frac{2}{Q}[(1-x)_t + c - 2(1-c)\left(\frac{L_0+1}{Q}\right)] \quad (2.21)$$

Donde:

Q = capacidad en [veh/h]

t = período en que q y Q constantes [h]

$x = q/Q$ = grado de saturación sistema

L_0 = longitud inicio en [veh]

$c = \frac{1}{2}(1+c_{ts}^2)$ = parámetro si c equivale a 0,5 es constante, por otro lado, si c es 1 es aleatorio

D_t : Tasa de demora por unidad de tiempo en periodo t [veh/h], [veh-h/s] o [veh]

d_t : Demora promedio por vehículos en el periodo t [veh-h/veh], [veh-s/veh], [h] o [s]

2.7 Detenciones

Según Fernández (2008), el número de detenciones en intersecciones no semaforizadas depende del tipo de señal de prioridad que exista. Si existe la señal “Pare” todo vehículo se detiene al menos una vez. Si existe señal “Ceda el Paso” sólo hay detención si el intervalo entre vehículos en el flujo principal es menor que la brecha crítica. La probabilidad de ocurrencia de esto es:

$$P(h < \tau) = F(h) = 1 - (1 - \theta) e^{-\gamma(h-\Delta)} \quad (2.22)$$

Donde:

$P(h < \tau)$ = Cota inferior de detención

Si $\theta = \Delta q_p = x_p$, es decir pelotón es igual a grado de saturación, se tiene:

$$h \geq \begin{cases} 1, & p \\ 1 - (1 - x_p)e^{-(x_p - q_p \tau)} & \end{cases} \quad (2.23)$$

Donde:

h = Promedio de detenciones por vehículo [det/veh]

x_p = Grado de saturación de la vía prioritaria

q_p = Flujo de la vía prioritaria [veh/h]

θ = Proporción de vehículos que llegan en pelotón por la vía prioritaria

τ = Brecha mínima [seg]

Δ = Intervalo mínimo

2.8 Vissim

Software Vissim, “es una herramienta de simulación microscópica del tráfico, es un modelo que permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus intersecciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional”. PTV VISSIM (Manual 5.40, 2012), representa la una simulación microscópica del tráfico basado en tiempo, en un solo modelo permite representar a todos los usuarios de la vía pública.

PTV VISSIM (Manual 5.40, 2012), es una herramienta potente para evaluar y planificar la infraestructura vial urbana como interurbana. Cabe destacar que con el *software* se obtienen resultados numéricos detallados, como resultados en 3D el cual representa diversos escenarios. Cabe destacar que el modelo VISSIM tiene dos componentes básicos:

- El modelo de tráfico el cual es desarrollado por el modelo de seguimiento de vehículos para modelar el comportamiento lateral y el cambio de carril
- El generador de señales, donde se encuentra el modelo de reacción a la luz amarilla

2.8.1 Transporte público en Vissim

Dentro de las funciones que ofrece Vissim, se encuentra la de modelar el transporte público. Como base para la simulación del servicio de TP (transporte público) se pueden construir de forma flexible para las líneas del transporte público tanto de transporte ferroviario como rodadas, con varios tipos de vehículos y se les asigna los horarios correspondientes de las rutas de línea. Por lo que PTV VISSIM (Manual 5.40, 2012), puede importará redes de transporte público mediante una interfaz y simularse con detalle.

Para la determinación del tiempo de estancia de los vehículos en las paradas se distingue tres tipos de modelos:

- **Tiempo de estancia según una distribución de tiempo:** el tiempo de estancia correspondiente se toma de una distribución de tiempo de espera.
- **Tiempo de estancia calculado:** es calculado según el tiempo de subida y bajada media por pasajero junto con la cantidad de pasajeros que suben y bajan. Se puede especificar el proceso de subida y bajada en el uso de las puertas.
- **Tiempo de estancia simulado:** PTV Viswalk permite un análisis aún más detallado. Se pueden ver valores de eficiencia e influencia de la geometría de las formas de parada con el comportamiento de trasbordo de los pasajeros, así también como el desarrollo del tráfico.

2.8.2 Demoras en Vissim

Las demoras son evaluadas tomando en consideración factores como tiempo ideal y tiempo de conducción. Se pueden analizar en seis tipos de demoras, comenzando por demoras totales, demoras latentes, demoras promedio, demoras de parada promedio y finalmente demoras por vehículos. Cabe destacar que VISSIM estudia las demoras mediante la suma de diferentes parámetros que incluyan la relación de velocidad con distancias recorridas, tomando en cuenta la velocidad teórica ocurrida en su viaje no encuentra ningún tipo de obstáculo ya sea congestión intersecciones semaforizadas y la real la cual es que se ve afectada por la geometría de las vías y las señales (Manual 5.40, 2012).

2.8.3 Tiempo de viaje en Vissim

En PTV VISSIM (Manual 5.40, 2012), el tiempo de viaje utiliza dos métodos iterativos cuando se presenta asignación dinámica. Cada método es elegido de acuerdo con la importancia que se le dé al tiempo de viaje en las corridas. Estos métodos son los siguientes:

- **Método de factor exponencial suavizado:** es utilizado cuando el tiempo tiene menor peso.
- **Método de promedios sucesivos:** es utilizado cuando el tiempo tiene mayor peso.

2.8.4 Aplicaciones del software

PTV VISSIM (Manual 5.40, 2012), tiene una amplia cantidad de aplicaciones según PTV GROUP, entre las cuales se encuentra:

- Vissim permite evaluar el transporte público, esta optimiza los tiempos de viajes y demoras.
- Realiza un análisis de la capacidad y pruebas de los sistemas de prioridad de tránsito.
- Realiza un análisis de los sistemas de gerencia de tránsito tales como control alternativo de rutas, rutas de peaje, carriles especiales y control de circulación.
- El software permite comparar de manera expedita las posibles alternativas de solución para el mejoramiento de un tramo de una vía específica.
- Puede ser utilizado para simular las intersecciones controladas con señal Pare, Ceda el paso actuando con programa VAP (Programación accionada por vehículos), que dan un orden lógico a la intersección.
- PTV Vissim permite analizar la vulnerabilidad de redes grandes con la opción de rutas usando la asignación dinámica.
- Permite una simulación de áreas de tráfico calmado incluyendo a todos los usuarios relevantes de camino.

Todos lo mencionado anteriormente, son la base para trabajar en el microsimulador VISSIM para la obtención y descripción de tiempo de viaje, tiempo de estancia en el paradero y demoras del transporte público, los cuales son datos fundamentales para el presente proyecto.

Finalmente, todo lo expuesto en el presente capítulo son fundamentales para abordar cada uno de las problemáticas que existen en la actualidad en el cerro en estudio, el cual da paso a realizar la búsqueda de la literatura asociada, estado del arte.

3 Estado del arte

En esta sección se hace referencia a los trabajos relacionados con el proyecto los cuales son incorporados y basados en las políticas de diseño vial, ya que aportan conocimientos esenciales para el desarrollo del problema abordado y a su vez para la búsqueda de solución.

Fernández (2000), busca ser un avance en el estudio de la extensión de la modelación de paraderos de buses, incorpora una modelación detallada de paraderos en modelos de corredores de buses. Por lo tanto, para que el sistema propuesto sea eficiente se debe desarrollar un modelo microscópico de simulación de la circulación de buses a través de un sistema formado por dos paraderos unidos por una vía segregada y con la inclusión de una intersección semaforizada entre ambas. *“Del mismo modo, se estudian los posibles efectos sobre el funcionamiento operacional de un paradero debido a las condiciones de operación de paradero que lo antecede y se establezcan recomendaciones de diseño de corredores de buses, así también de operaciones de los elementos componentes del sistema”* (Fernández, 2000). Este artículo aborda la relación de implementación y funcionamiento de paraderos, aportando el análisis en relación con el tema estudiado.

Fernández (2006), realiza una modelación de pasajeros, buses y paraderos, sabiendo que el mayor problema al evaluar operaciones complejas de sistema de transporte público proviene de la vaga representación de dichos sistemas dentro de los microsimuladores de tráfico que existen en el mercado. Considera que los vehículos del transporte público se comportan de manera distinta al resto del tráfico, sin embargo, sostiene que estos aún no son modelados con suficiente detalle como para reflejar diferencias.

El autor se basa en tres posibles enfoques para enfrentar la modelación de forma microscópica de sistema de transporte público. Comenzando con los distintos microsimuladores del tráfico comerciales que cuentan actualmente con formas de modelación para las operaciones complejas en paraderos y terminales, transferencia de pasajeros y estrategias de control. Continúa con un enfoque más utilizado el cual es desarrollar técnicas de modelación sofisticadas para poder simular operaciones de transporte público no incluidas en las opciones por defecto y finalmente, a través de *Application Programmer Interfaces*, es posible modelar detalle y flexibilidad cualquier tipo de operación (Fernández, 2006). Concluye que los

paraderos son mejor representados a través de la microsimulación, ya que permiten calcular en forma precisa sus capacidades, tiempos de espera asociados a pasajeros. Implementa una estrategia de control de intervalos, la cual muestra de manera efectiva que la estrategia se traduce en intervalos regulares.

Giicud (2012), realizan una investigación donde dejan en evidencia la transición del uso de paraderos no reglamentados al uso de paraderos obligatorios, en el transporte colectivo en la ciudad de Bogotá. Se analiza los tramos con gran afluencia de transporte público, encontrando como resultado que existen dos variables más afectadas en el uso de paraderos obligatorios el cual es el tiempo de subida de pasajeros y el tiempo acumulado debido a paradas en un mismo recorrido, a la vez que estas dos variables se ven afectadas por la demanda existente en el tramo en estudio. Giicud (2012) identificó que la implementación de paraderos obligatorios trae consigo varios efectos sociales, económicos y ambientales.

Los autores consideran que el uso de paraderos obligatorios no solo radica en cambiar el panorama de desorden que se genera, sino también en las consecuencias derivadas, el cual es el ahorro de tiempo en los desplazamientos, la disminución de efectos contaminantes, la operación de un sistema de transporte público funcionando como una red organizada y generando menores riesgos en seguridad vial.

Finalmente, Giicud (2012) concluye que la implementación de paraderos obligatorios repercute en un beneficio social, que parte de la reducción en el número de paradas y partida de los microbuses en kilómetros de la ruta recorrida. Al reducir el número de paradas y partida de microbuses genera un beneficio a nivel socioeconómico y medioambiental. Del mismo modo, destacan la reducción del tiempo de viaje, tanto para los pasajeros como para el resto de los vehículos que circulan en el tramo debido a que se ven obligados a detenerse por la parada del microbús. El menor tiempo de viaje incide en una mejor condición de costo social y calidad de vida.

Tirachini et al (2013), estiman modelos de tiempo de detención de paraderos y de subida y bajada de pasajeros en las ciudades de Santiago y Valparaíso- Viña del mar. Cabe señalar que estiman también modelos para distintos tipos de paraderos, para los diferentes largos de buses, para el número de puerta y sistemas de pago de tarifa. Para realizar dicho modelo deben

analizar el nivel de ocupación (hacimiento), de comenzar la marcha con las puertas abiertas y de tener paraderos con pago extravehicular. Realizan la toma de datos necesarios con mediciones en terreno y se destaca la estimación de subida de pasajeros en segundos el cual es fundamental para obtener resultados del estudio.

Corporación Ciudad Accesible (2019) escribe un artículo donde deja en evidencia cuales son los elementos necesarios para definir un paradero y refugios peatonales, cuales son las señales que deben ir incorporadas al implementar lo mencionado anteriormente y quienes son responsables de mantener la infraestructura y de costos en la región Metropolitana. CCA (2019) considera que para la implementación de paraderos se debe enfocar en las condiciones de emplazamiento, diseño y conexión en puntos de parada, que dentro de ellas se desprende varios factores dentro de los cuales se encuentra la señalización de parada y demarcación, refugios, iluminación, asientos entre otros.

Y finalmente señala los errores de diseño y emplazamiento que impiden la continuidad accesible hacia y desde los medios de transporte y deja en evidencia la mala infraestructura que tienen estos en la región Metropolitana. (Corporación, 2019)

Cada uno de los estudios expuestos en el capítulo, busca una mejora para el transporte público y para los usuarios, por lo que, si se implementa paraderos acordes a las condiciones físicas del sector, a los espaciamientos y localización correspondiente el servicio que entrega el transporte público a los usuarios será más expedito y sin dificultades para realizar el recorrido. Es por esto por lo que en el presente proyecto se busca una mejora para el transporte público y los usuarios, brindando una estructura y localización adecuada de paraderos.

4. Diagnóstico de la situación actual

En este capítulo se abordan detalles específicos de las características que posee actualmente el área de estudio. Es por esto que, se realiza un análisis de los paraderos informales en el tramo que conforman las Torres la cual se encuentra al norte del cerro hasta Enrique Cood con San Jorge ubicada en el sur, con un total aproximado de 1.2 kilómetros, finalmente se detalla el transporte público el cual circula en cerro Rocuant.

A continuación, se detallan el catastro físico del sector, la línea de transporte público que transita, los conteos de estaciones de transferencia, para conocer la composición y magnitud de los pasajeros y microbuses. Se establece un escenario base para desarrollar la propuesta de diseño vial, específicamente para la implementación de paraderos en los próximos capítulos.

4.1 Catastro físico-operativo

Para caracterizar el área en estudio de cerro Rocuant se realiza una descripción física del cerro y como se encuentra actualmente el funcionamiento de diseño vial específicamente de los paraderos que se encuentran en el sector, es decir, catastro operativo.

4.1.1 Aspectos físicos del sector

A través de la salida a terreno se analiza el estado de las aceras, vías y de las localizaciones de paraderos de transporte públicos existentes en el sector. Según Google Maps el área en estudio cuenta con cinco paraderos en el sector, sin embargo, no se encuentran demarcados y no es acorde a los paraderos que existe actualmente en el cerro. Con la observación en terreno se puede observar que cerro Rocuant cuenta con trece paraderos, ninguno de ellos cuenta con refugio y señalización producto de que han sido creados por los usuarios residentes del sector.

Se identifican aceras a mitad de cuadra de calle las Torres hasta Enrique Codo con San Jorge, estas miden aproximadamente dos metros de ancho. Algunas están compuestas de pavimento y otras de tierra, sin embargo, todas se encuentran en mal estado.

A continuación, en la Figura 4.1 se adjunta imagen del sector en estudio y paraderos considerados por Google Maps, se identifica la cantidad de paraderos representado con una flecha y números.

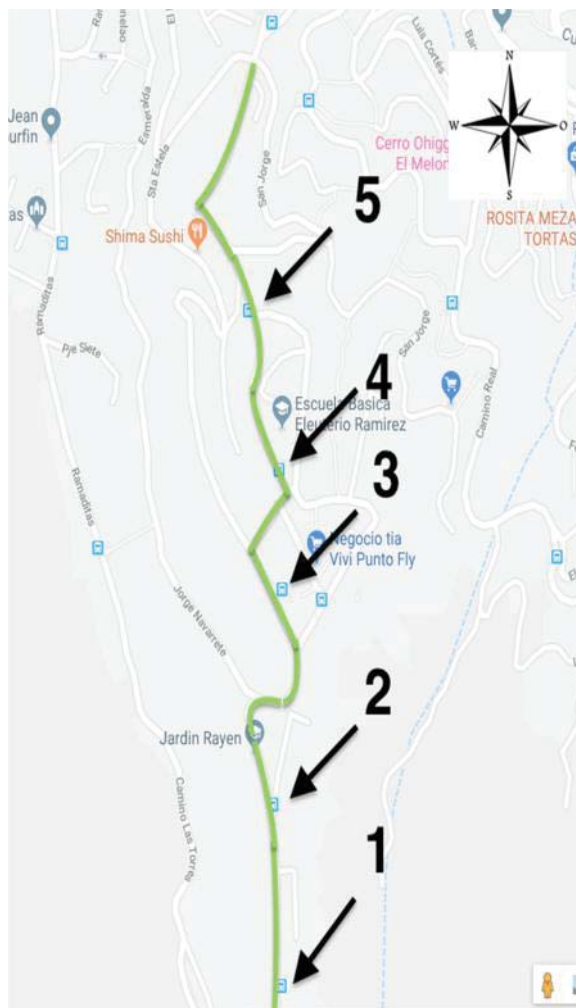


Figura 4.1: Ubicación de paraderos según Google Maps
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019

Por otro lado, en la Figura 4.2 se adjunta Layout en el cual se presenta como está actualmente el sector en estudio donde queda en evidencia que difiere con lo representado en Google Maps. En la Figura se representa el inicio del recorrido, las aceras y paraderos informales existentes desde calle las Torres hasta Enrique Cood con San Jorge, se identifica con un

símbolo de bus que corresponde a los paraderos, al igual que el sector marcado con una línea negra corresponde a las aceras y finalmente el cuadro punteado representa el inicio del recorrido que tiene cerro Rocuant actualmente.

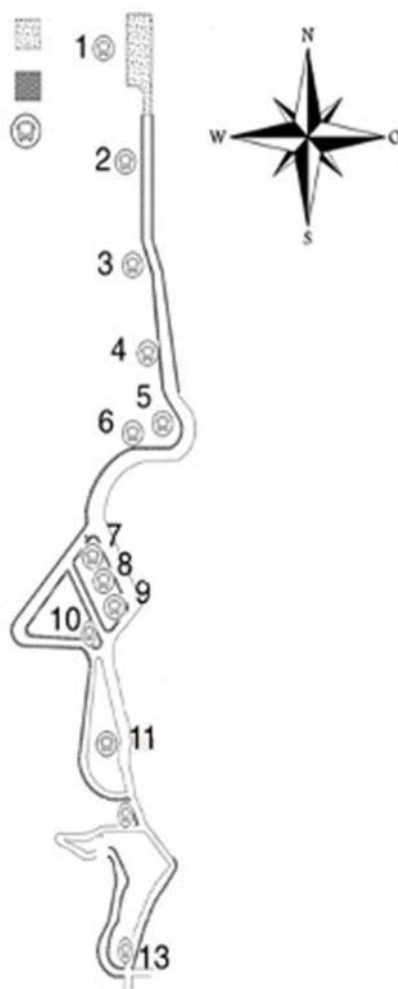


Figura 4.2: Layout del tramo de estudio
Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno, 2019

A continuación, en la Tabla 4.1 se presenta la numeración de los paraderos en el sector, donde se identifica si posee demarcación o señalética que identifique la existencia de un paradero en ese lugar, al igual se puede observar si existe o no aceras en el cerro, en el caso de que si existan aceras se señala los metros que mide ésta, en el caso contrario, se encuentra con un “no

posee”. Es importante señalar que los tres primeros paraderos cuentan con aceras de tierra creadas por el frecuente uso de los usuarios que residen en ese sector. Cabe destacar que, en la Figura 4.2 se identifican la numeración y ubicación de los paraderos señalados en dicha tabla.

Tabla 4.1: Características del sector

Número de paraderos informales	Paraderos demarcados	Ancho de acera
1	No	No posee
2	No	No posee
3	No	No posee
4	No	2 mts
5	No	2 mts
6	No	2 mts
7	No	2 mts
8	No	2 mts
9	No	2 mts
10	No	2 mts
11	No	2 mts
12	No	2 mts
13	No	2 mts

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno

En la Tabla 4.2, se observa como está compuesta la vía de calle las Torres hasta Enrique Codo con San Jorge. Detalla el ancho de la calzada, el número de pistas, el sentido de las vías, el tipo de pavimento y finalmente en que estado se encuentra la vía. La vía en todo el tramo de estudio se encuentra en mal estado, haciendo que la circulación del transporte y los vehículos particulares se vea afectado.

Tabla 4.2: Características del sector.

Nombre de vía	Ancho calzada	Pistas	Sentido	Material	Estado de vías
calle las Torres - Enrique Codo con San Jorge	4 mts	2	Bidireccional	asfalto	mal estado

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno, 2019.

4.1.2 Aspectos operativos del sector

Aspectos que permiten la operación del transporte público, es nula, debido a que a lo largo del tramo de estudio no existe demarcación de paraderos, de sentidos de las pistas ni mucho menos de señales de prioridad.

Las velocidades que presenta el transporte público al realizar el recorrido de estudio son tomados según la formula correspondiente a la velocidad comercial y a la vez son comprobadas en un microbús en circulación a lo largo del tramo de estudio. Las velocidades se toman un martes 28 de mayo en horario punta mañana. La velocidad comercial es la velocidad que emplea un bus la cual incluye demoras y tiempo en espera en los paraderos. Sin embargo, la velocidad de recorrido es la velocidad promedio del bus al recorrer el tramo determinado en los periodos sin detención, ahí la diferencia entre las velocidades. Lo expuesto anteriormente están descritos en la Tabla 4.3 ,

Tabla 4.3: Velocidad de microbuses.

Tipo de vehículo	Datos tomados en el sector
	Microbuses
Velocidad comercial	4.8 km/h
Velocidad recorrido	35 km/h

Fuente: Elaboración propia con datos tomado en terreno, 2019.

4.2 Transporte público

El sector estudiado cuenta con una línea de transporte público y una línea de taxis colectivos, donde esta última no realiza servicios en hora punta mañana. La empresa que presta servicio de taxibuses es Top Tur S.A.

Según Transporte Metropolitano de Valparaíso (TMV) la empresa de transporte Top Tur S.A cuenta con 8 servicios, sin embargo 7 de estos servicios realizan recorrido en Valparaíso y solo uno de ellos recorre cerro Rocuant, el cual es la línea 702 (TMV, 2019). El recorrido que realiza esta línea comienza desde calle las Torres finalizando en cerro Playa Ancha. Según

(Craig, 2019) , esta cuenta con 9 microbuses para realizar el recorrido mencionado anteriormente con una frecuencia de 14 minutos entre ellas.

A continuación, se presenta la Figura 4.3 la cual en rojo se muestra el recorrido realizado por la línea, que comienza desde calle las Torres circulando por el tramo en estudio y finalizando en cementerio de Playa Ancha, sin embargo, en verde se muestra el área en estudio el cual es del inicio de recorrido, las Torres hasta Enrique Codo con San Jorge como fin.

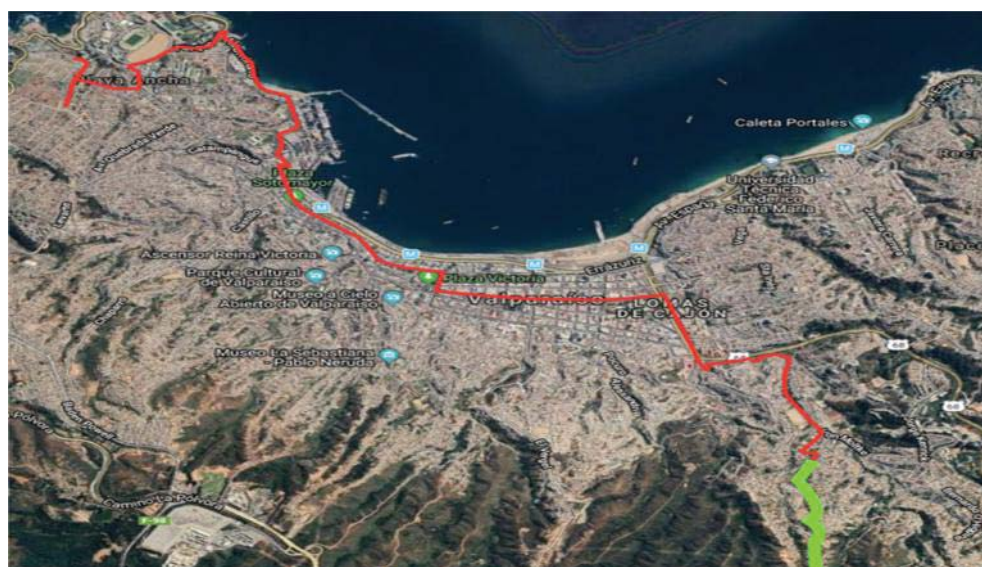


Figura 4.3: Recorrido línea 702 Top Tur
Fuente: Recuperado de Google Earth Valparaíso, 2019.

En la Tabla 4.4 se presenta las características microbuses, donde en ella se encuentra capacidad, tiempo de recorrido, velocidad comercial, frecuencia de salida y número de microbuses que posee la línea.

Tabla 4.4: Resumen de datos empresa Top Tur

Empresa: Top Tur S.A		
Línea: 702		
Parámetro	Unidad	Valores
Tipo de vehículo		Microbus
Capacidad del microbus	Pax/bus	30
Distancia de recorrido tramo en estudio	Km	1.2
Tiempo de recorrido tramo en estudio	Minutos	15
Frecuencia de salida	Minutos	12
Velocidad recorrido	Km/h	35
Velocidad comercial	Km/h	4.8
Microbuses		9

Fuente: Datos Recuperados de empresa Top Tur, 2019.

4.3 Medición subida y bajada de pasajeros

Se realiza conteo de pasajeros en estaciones de transferencia ubicadas en cerro Rocuant. El conteo es realizado martes 28 de mayo en condiciones de un día laboral normal, en horario punta mañana, en intervalos de 15 minutos, entre 07:00 – 08:00 horas, que corresponde a los horarios con mayor demanda. Cabe destacar, que el conteo es realizado en cada uno de los puntos identificados como paradas por los usuarios residente del sector, donde la toma de datos se centra en los pasajeros que suben y bajan del microbús, tiempo de subida de los pasajeros, tiempo de detención de los microbuses en el paradero, tiempo de apertura y cierre de puertas y finalmente los buses que se detienen en el paradero. Lo mencionado anteriormente, se muestra en la Tabla 4.5, la cual consiste en un resumen de los pasajeros que abordan los microbuses en una hora en períodos de 15 minutos. Conteos de cada paradero en Anexo 1.

Tabla 4.5: Conteo estación de transferencia

Período	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio	Total	
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax/15 min bus)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Tiempo de apertura y cierre de puertas (s)	Buses que se detienen	Buses que no se detienen
7:00 - 7:15	2	100	----	----	4	2	----
7:15 - 7:30	2	100	----	----	4	2	----
7:30 - 7:45	2	51	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	50	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno.

A continuación, en la Figura 4.4 se muestra las condiciones de la primera parada del transporte público la cual representa el primer punto de conteo. En tanto, en la Figura 4.5 se identifica el último paradero. El resto de las figuras representantes de los paraderos del sector en estudio, se encuentran en el Anexo 2.



Figura 4.4: Primer paradero informal e inicio de recorrido en calle las Torres.
Fuente: Recuperado de Google Maps (mayo, 2019)



Figura 4.5: Último paradero informar y fin del tramo en estudio.
Fuente: Recuperado de Google Maps (mayo, 2019).

Todo lo detallado anteriormente, es necesario para llevar a cabo la simulación de la situación actual en el microsimulador Vissim. Cada uno de los conteos, anchos de pistas, velocidad comercial y frecuencia de los microbuses son un factor importante a la hora de simular.

4.4 Perfil de carga paraderos cerro Rocuant

El perfil de carga del sector en estudio permite disponer medidores a bordo y fuera de los microbuses, de modo que registre la cantidad de personas que suben y bajan en cada uno de los paraderos (MESPIVU, 2013). En este caso, se realiza perfil de carga de subidas de pasajeros debido a que en hora punta mañana es donde se presenta la mayor demanda, esta se obtiene a través del promedio de pasajeros que abordan los microbuses en cada uno de los paraderos identificados en el tramo de estudio en período de una hora multiplicado por la cantidad de microbuses que posee la línea, se observa lo mencionado en la Figura 4.6.

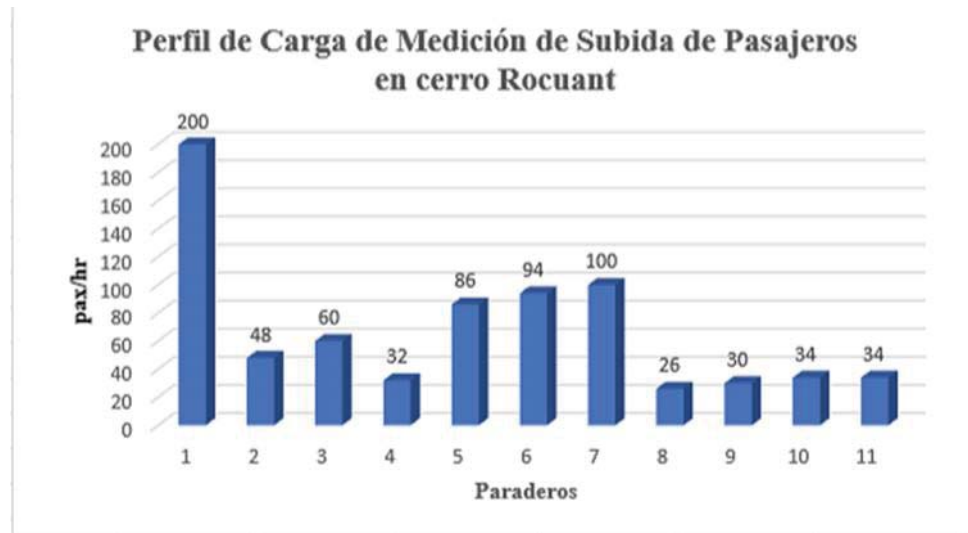


Figura 4.6: Perfil de carga medición de subida.
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno.

Por causa de lo anterior se obtiene la tasa de ocupación de los microbuses, esta consiste en agrupar en categorías de A hasta E donde la primera el microbús está con asientos completamente ocupado y la última el microbús lleva menos de la mitad de los asientos ocupados (MESPIVU, 2013). La Figura 4.7 representa lo identificado en terreno, todos los microbuses que circulan en hora punta mañana van a capacidad, quiere decir en la categoría A en tasa de ocupación. Lo mencionado anteriormente se presenta a continuación.

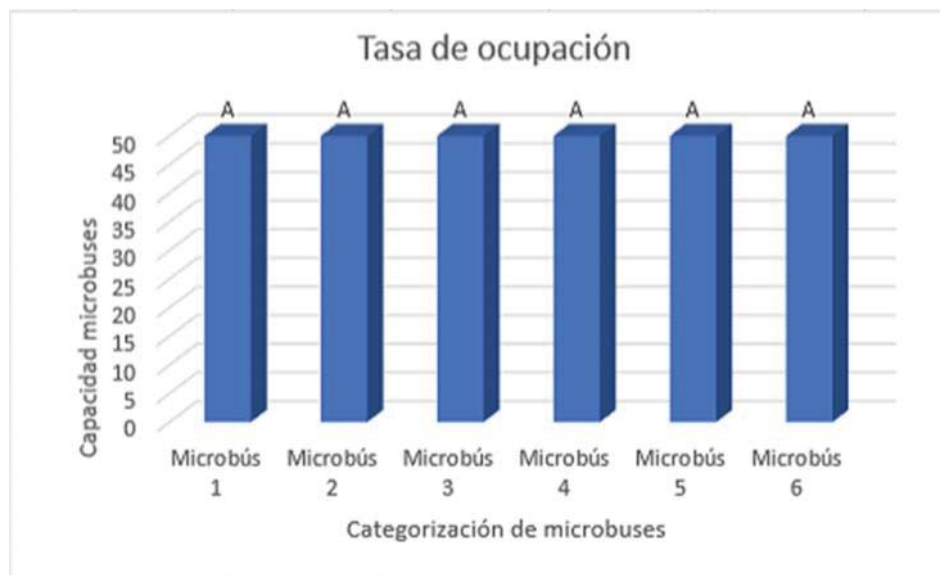


Figura 4.7: Tasa de ocupación de microbuses
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno.

En relación a lo anterior, se obtiene la cantidad de pasajeros que no abordan el microbús y quedan en la espera del siguiente, lo mencionado se expone a continuación en la Figura 4.8.



Figura 4.8: Pasajeros en espera de microbús
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno.

Finalmente, para realizar una simulación y diagnóstico de la situación actual se debe elaborar Layout en el microsimulador VISSIM, para ello todo lo expuesto anteriormente son útiles para el siguiente paso el cual se procede a simular en el microsimulador PTV VISSIM 7.0.

4.5 Simulación de la red con Vissim

Para comenzar a modelar la situación actual del tramo de estudio, se debe crear la infraestructura respecto a la geometría y funcionamiento que existe en la actualidad, para ello se utilizan las medidas que se presentan en la sección anterior en la Tabla 4.1 hasta Tabla 4.4, cada uno de estos datos son fundamentales al momento de realizar la modelación en el programa PTV VISSIM. A continuación, en la Tabla 4.6 se presenta resumen de los datos utilizados en el microsimulador.

Tabla 4.6: Datos ingresados PTV VISSIM.

Parámetro	Detalle
Ancho por pista	4 metros
Número de pistas	2
Sentido	Bidireccional
Largo de tramo	1.2 km
Velocidad recorrido	35 km/h
Velocidad comercial	4.8 km/h
Flujo de buses (bus/h)	6
Frecuencia de transporte público	12 minutos
Flujo de vehiculos (veh/h)	25
Capacidad del bus (pax/bus)	50
Tasa de ocupación del bus inico recorrido	20
Tiempo de despeje (s/parada)	95
Tiempo de subida(s/pax)	2
Pasajeros que abordan (pax/bus)	Tabla 4.5
Probabilidad de bajada (pax)	4%

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno.

La modelación del *software* permite que el Layout del cerro, sea creada con datos específicos tomados en terreno, de tal manera de crear un diseño manual. Para ello se debe obtener imagen

del sector en estudio, para así dimensionarla en el microsimulador en escala basada en la realidad para su correcta aplicación. Luego se crea la calzada y composición estructural con las respectivas intersecciones y aceras, a través de la herramienta *Links* (1), donde se debe identificar el número y ancho de pistas, se identifican los conflictos que existen entre intersecciones, a través de la herramienta *Conflict Areas*, donde se debe especificar quien tiene prioridad en cada una de las intersecciones. Finalmente se identifica si existe en el sector señal de prioridad a través de la herramienta *Priority Rules*. Cabe destacar que en el sector de estudio solo se encuentra demarcada una señal de prioridad. Seguido de lo anterior, se identifican las herramientas utilizadas en PTV VISSIM en la Figura 4.9.

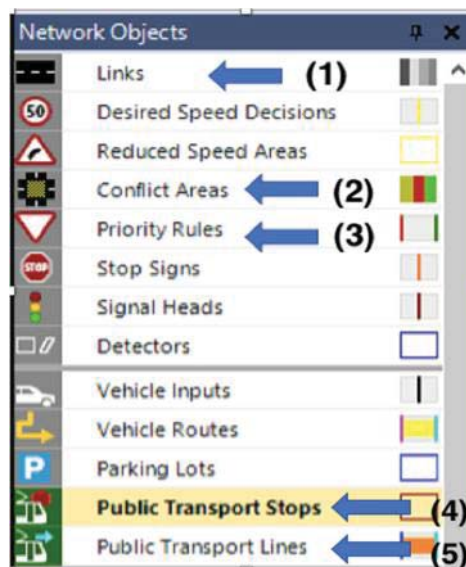


Figura 4.9: Herramientas Vissim 7.0
Fuente: Recuperado de PTV VISSIM, 2019.

Posteriormente, se crean las o la línea de transporte público que circula en el sector de estudio, con la herramienta *Public Transport Lines* (4) se debe ingresar el tipo de vehículo que representa y la velocidad con la cual circula el transporte público, en la Figura 4.8 se observa la herramienta nombrada. En *Departure Times* se ingresa la respectiva ocupación de los microbuses al iniciar el recorrido (*Occup*), se ingresa también la cantidad de pasajeros con la cual llega a cada parada el transporte público en intervalos de tiempo en segundos (*Dep*). Al tener la línea creada se debe asignar la ruta del transporte público y del flujo de vehículos. A

continuación, en la Figura 4.10 se presenta con un círculo rojo la ocupación y los intervalos de tiempo.

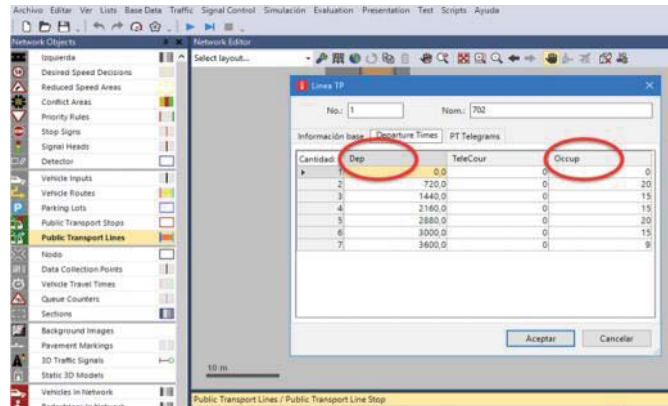


Figura 4.10: Configuración línea de transporte público.
Fuente: PTV VISSIM 7.0, 2019.

Para la creación de las paradas de transporte público vistas en terreno las cuales son trece paradas, se ocupada la herramienta *Public Transport Stop* (4), como se visualiza en la Figura 4.9. Cabe destacar que en cada una de ellas se debe ingresar en primer lugar la longitud que tiene el transporte público que circula en el sector de estudio, luego se continúa con el volumen (*RelVol*) de pasajeros que llegan a cada parada en intervalos de tiempo en segundos (*Timefrom* , *TimeTo*), Se identificado en rojo lo mencionado en la Figura 4.11.

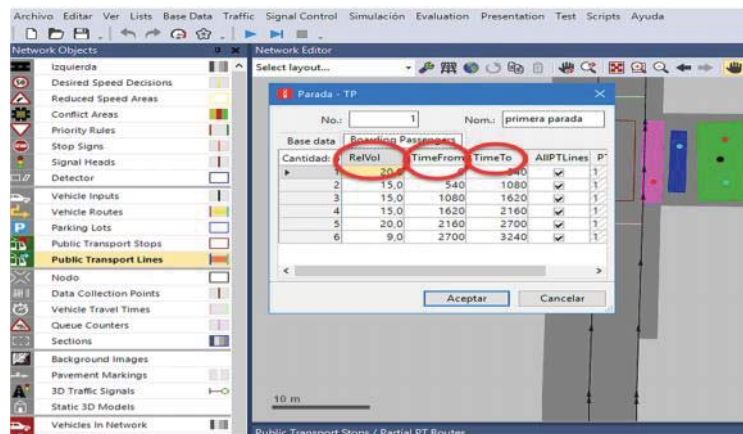


Figura 4.11: Configuración de paraderos.
Fuente: PTV VISSIM 7.0, 2019.

El transporte público en cada uno de los paraderos creados posee un comportamiento diferente a lo anterior, por lo que se debe configurar por cada parada el tiempo de subida y el porcentaje

de probabilidad de bajada de pasajeros y el tiempo de estadía del microbús. Se configura también por qué puertas suben y bajan los pasajeros y el tiempo que les tarda en realizar la acción mencionada anteriormente. Finalmente, si el transporte público se detiene en el paradero. En la Figura 4.12 se observa la creación del paradero y los pasajeros en espera del microbús.

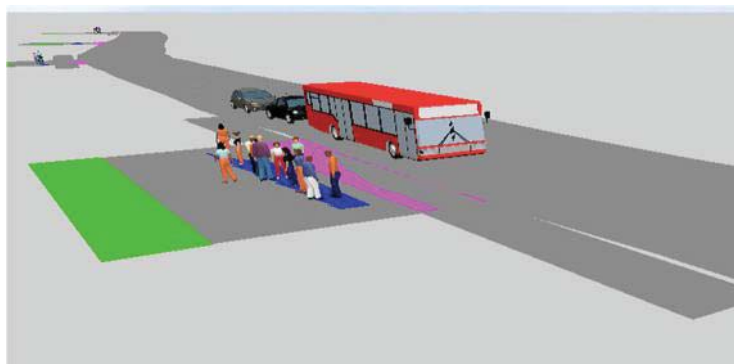


Figura 4.12: Paradero en PTV Vissim.
Fuente: PTV VISSIM 7.0, 2019.

Luego de ingresar cada uno de los datos mencionados anteriormente se obtiene el Layout correspondiente a la red de estudio, donde se aprecian los paraderos existentes en el sector de estudio como se observa en la Figura 4.13. Finalmente, luego de obtener lo anterior es posible correr la simulación de la situación actual sin calibrar.

Posterior a lo mencionado anteriormente, se obtienen resultados en períodos de quince minutos a lo largo de una hora de la situación actual que existe en el sector de estudio, donde el microsimulador VISSIM entrega diversos indicadores de rendimiento, sin embargo, los resultados relevantes y utilizados en el proyecto es el total de pasajeros que fueron ingresados al programa, la circulación del transporte público, tiempo de viaje y finalmente detenciones del transporte público como se aprecia en la Tabla 4.7. Cabe destacar que cada uno de los resultados deben ser comparados con lo visto en terreno y ajustados en el siguiente capítulo para que sea representativo.

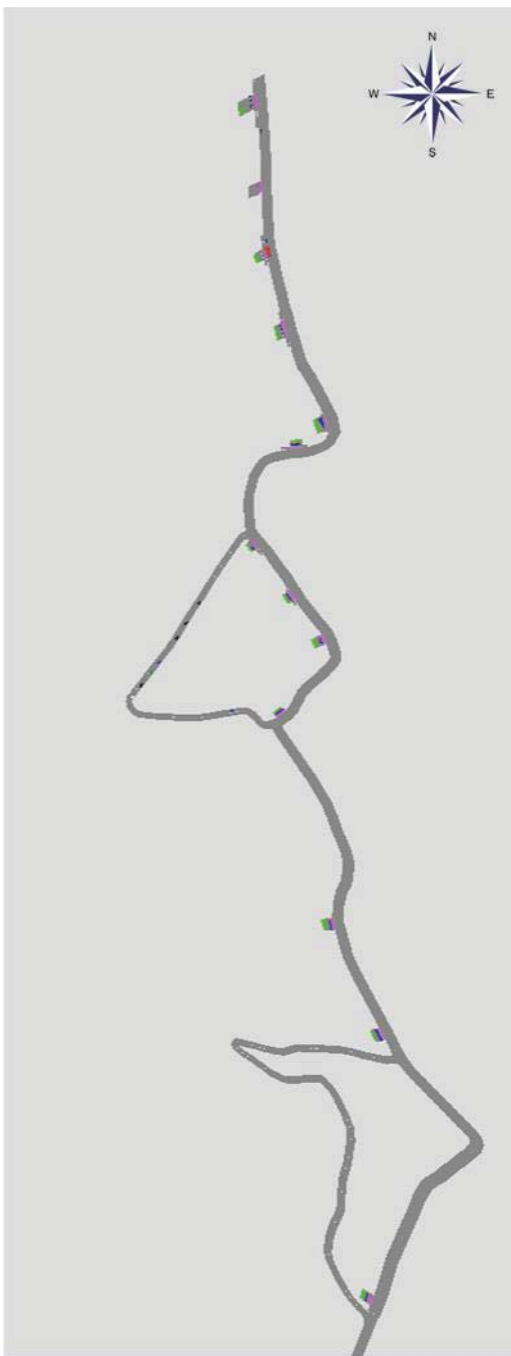


Figura 4.13: Layout situación actual.
Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019.

Tabla 4.7: Indicadores de rendimiento arrojado en PTV VISSIM.

Pasajeros (pax/15min)	Resultados
Total pasajeros ingresados 7:00- 7:15	147
Total pasajeros ingresados 7:15- 7:30	120
Total pasajeros ingresados 7:30- 7:45	150
Total pasajeros ingresados 7:45- 8:00	40
Flujo transporte público (bus/15min)	
Promedio circulación de buses de 7:00- 7:15	3
Promedio circulación de buses de 7:15- 7:30	2
Promedio circulación de buses de 7:30- 7:45	1
Promedio circulación de buses de 7:45- 8:00	1
Tiempo de viaje (s)	
Tiempo de viaje (s) de 7:00- 7:15	540
Tiempo de viaje en (s) de 7:15- 7:30	300
Tiempo de viaje en (s) de 7:30- 7:45	420
Tiempo de viaje en (s) de 7:45- 8:00	600
Detenciones bus (det/bus)	
Detenciones 7:00- 7:15	12
Detenciones 7:15- 7:30	12
Detenciones 7:30- 7:45	12
Detenciones 7:45- 8:00	12

Fuente: Recuperado de PTV VISSIM, 2019.

4.6 Calibración de la situación actual por PTV VISSIM

Los datos que se utilizan para la calibración de la situación actual corresponden principalmente al volumen de peatones que esperan en los paraderos y suben a los microbuses. Se considera la cantidad de microbuses que recorre la red, al igual que la velocidad de recorrido que existe, finalmente el tiempo que tarda en recorrer la red.

En el caso del volumen de peatones que esperan en los paraderos, los datos que fueron utilizados de referencia para calibrar la situación actual se encuentran en la Tabla 4.8, en ella se realiza comparación de datos sin calibrar, lo visto en terreno y el porcentaje de diferencia que se obtuvo al calibrar los datos.

Tabla 4.8: Situación actual calibrada de pasajeros comparada con datos tomados en terreno.

Pasajeros (pax/15min)	Resultados calibrados	Observado en terreno	Índice de mejora
Total pasajeros ingresados 7:00- 7:15	106	100	6%
Total pasajeros ingresados 7:15- 7:30	100	100	0%
Total pasajeros ingresados 7:30- 7:45	50	50	0%
Total pasajeros ingresados 7:45- 8:00	46	50	9%

Fuente: Elaboración propia a través de PTV VISSIM 7.

Según la Tabla 4.8, la diferencia que existe entre la modelación y los datos obtenidos en las mediciones es representativa, ya que los porcentajes de diferencia no son mayores de un 10% en los pasajeros.

Respecto a la cantidad de microbuses que circula en hora punta mañana en el sector de estudio, estas fueron ajustadas de acuerdo con lo definido en la Tabla 4.5. Con respecto al tiempo de viaje estas se ajustan según lo expuesto la Tabla 4.4, se procede a ingresar los datos en el microsimulador PTV VISSIM para la obtención de la situación actual calibrada. Lo mencionado anteriormente, se aprecia en la Tabla 4.9 a continuación.

Tabla 4.9: Situación actual calibrada de transporte público comparada con datos tomados en terreno.

Transporte público (bus/15min)	Resultados calibrados	Observado en terreno	Índice de mejora
Promedio circulación de buses 7:00 - 7:15	2	2	0%
Promedio circulación de buses 7:15 - 7:30	2	2	0%
Promedio circulación de buses 7:30 - 7:45	1	1	0%
Promedio circulación de buses 7:45 - 8:00	1	1	0%
Tiempo de viaje (s)			
Tiempo de viaje 7:00 - 7:15	750,8	720	4%
Tiempo de viaje 7:15 - 7:30	720	720	0%
Tiempo de viaje 7:30 - 7:45	725	720	1%
Tiempo de viaje 7:45 - 8:00	720	720	0%

Fuente: Elaboración propia a través de PTV VISSIM 7.00, 2019.

Según lo visto en la Tabla 4.9, la diferencia que existe entre la modelación y los datos obtenidos en terreno de tiempo de viaje y circulación del transporte público es representativo ya que los porcentajes de diferencia no superan el 4%.

Respecto a las detenciones realizadas por los microbuses en hora punta mañana estas fueron ajustadas según lo visto en terreno. Cabe destacar que las detenciones contabilizadas serán las veces que los microbuses se detienen en los paraderos informales, debido a que la circulación de los microbuses en el tramo de estudio es continúa debido a que es una vía principal. Lo mencionado anteriormente se puede observar en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10: Situación actual calibrada de detenciones comparada con lo observado en terreno.

Detenciones	Resultados calibrados	Observado en terreno	Índice de mejora
Detenciones 7:00 – 7:15	11	11	0%
Detenciones 7:15 - 7:30	11	11	0%
Detenciones 7:30 - 7:45	11	11	0%
Detenciones 7:45 - 8:00	11	11	0%

Fuente: Elaboración propia a través de PTV VISSIM 7.00, 2019.

Con los datos obtenidos y los que se muestran en la Tabla 4.9, considerando que la longitud del tramo en estudio es 1.2 kilómetros se puede determinar que la velocidad comercial es 6 [km/h], lo que es representativo con lo observado.

Finalmente, queda en evidencia que la cantidad de microbuses que circula en el sector de estudio no logra satisfacer la demanda que existe en el sector de estudio ya que en los últimos paraderos del tramo quedan aproximadamente 88 pasajeros en un período de una hora en espera de un microbús. Es por esto por lo que, se busca realizar mejoras en cerro Rocuant.

5 Propuesta de solución

Este capítulo tiene como objetivo presentar una alternativa de solución para el proyecto, la cual se compone de mejoras de diseño vial la cual consiste en la reducción e implementación de paraderos fijos, aumentar la frecuencia y cantidad de microbuses para una mejor operación del transporte público en el Barrio O'Higgins, cerro Rocuant. Esta alternativa es simulada mediante el microsimulador VISSIM para obtener indicadores de rendimiento que permiten determinar recomendaciones para la operación de los paraderos a lo largo del área de estudio. Posteriormente, estos datos son comparados con la calibración expuesta en el capítulo anterior para establecer si esta alternativa representa una solución o se debe seguir trabajando en una propuesta que realice mejoras en la situación actual del proyecto.

5.1 Propuesta de implementación de paradero

Para dar cumplimiento al objetivo de este proyecto, se establece a continuación una propuesta de solución que consiste, principalmente, en la implementación de paraderos y el aumento de microbuses que se encuentran circulando en el sector de estudio, esta última se desarrolla en el transcurso del capítulo. Para la implementación de paraderos, se debe llevar a cabo la selección de paraderos informales con mayor demanda actualmente, es decir, se disminuye la cantidad de paradas informales vistos en terreno, para lo cual se estima una distribución de ocho paraderos fijos como lo muestra la Figura 5.1.

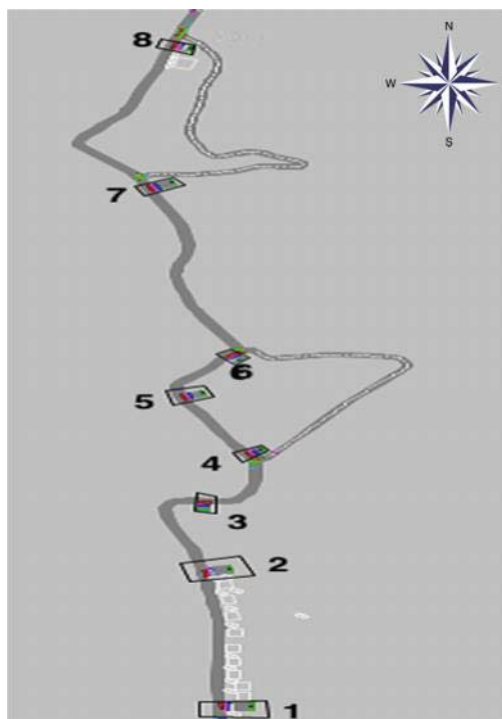


Figura 5.1: Layout situación actual con solución.
Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.00, 2019.

Para el diseño de paraderos es necesario tener en cuenta cuáles son las características físicas del sector en estudio. Si el sector identificado como paradero informal cumple con los espacios correspondientes para la implementación de refugio de paraderos se procede a la implementación de este y, en caso contrario, sólo se implementa una señalización que identifique la parada. Es por esto por lo que en la Tabla 5.1 se muestra en qué paradero es posible implementar refugio y/o señalización. Por otro lado, en la Tabla 5.2 se encuentra la distancia existente entre los paraderos, es importante tener en cuenta que la ubicación de estos, se localiza en sectores con mayor concentración de peatones.

Tabla 5.1: Identificación de tipo de diseño de paraderos.

Paraderos	Refugio peatonal	Señalización
1	√	√
2	√	√
3	x	√
4	x	√
5	x	√
6	√	√
7	x	√
8	√	√

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno.

Paraderos	Distancia (m)
1 a 2	225
2 a 3	214
3 a 4	145
4 a 5	100
5 a 6	220
6 a 7	225
7 a 8	285

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno, 2019.

Luego de tener claro qué paraderos llevan refugios peatonales y cuáles sólo llevan señalizaciones, se procede a diseñar los paraderos en el microsimulador PTV VISSIM 7.0. Dado a lo anterior, los paraderos 1, 2, 6 y 8 llevan refugios peatonales, los cuales deben tener un ancho de acceso 0.9 metros de ancho entre la acera y la vía, con 6 metros de largo para la detención del microbús. cuyo diseño se muestra en la Figura 5.2, y el resto queda regulado con una señalización que indique a los pasajeros que el lugar es apto para la espera de transporte público. Por otra parte, la ubicación de todos los paraderos mencionados anteriormente se puede visualizar en la Figura 5.1.



Figura 5.2: Paradero fijo en red de estudio.
Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019.

La Figura 5.3 muestra el diseño de un paradero que queda regulado con señalización debido a que el espacio físico no permite la implementación de refugio. Este tipo de regulación, mediante una señalización de parada, cuya señalización debe estar adyacentes a la calzada

entre aproximadamente 1 a 1.5 metros. Es por esto por lo que, es aplicado a los paraderos 3, 4, 5 y 7 del eje que se estudia en el proyecto.



Figura 5.3: Paradero con señalización.
Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019.

Para dar cumplimiento al uso de paraderos fijos se implementan vallas peatonales a lo largo de toda la red, esto para impedir que los pasajeros tomen el transporte público en lugares no adecuados. Por otro lado, se debe incrementar la cantidad de microbuses que circulan en hora punta mañana, del mismo modo aumentar la frecuencia que estos tienen.

Es por esto por lo que, para la toma de decisión de incrementar la cantidad de microbuses que circulan en cerro Rocuant, se basa en lo estipulado por el Transporte Metropolitano de Valparaíso (TMV, 2019). TMV (2019) considera que deben circular en hora punta mañana doce microbuses, con una frecuencia de cuatro minutos entre ellos, lo cual fue tomado para una posible solución del proyecto.

Por último, para realizar la simulación se debe efectuar modificaciones correspondientes en el Layout del proyecto de estudio y, posteriormente, ingresar los pasajeros correspondientes en cada uno de los paraderos seleccionados considerando los pasajeros que quedan en la espera como se muestra en la Figura 4.8, se debe ingresar el nuevo número de microbuses que circulan en el sector de estudio, finalmente la frecuencia que tienen los microbuses y tiempo

de viaje. Luego de reproducida la simulación de ello se obtienen los siguientes indicadores de rendimiento.

En la Tabla 5.3 se presentan los pasajeros ingresados en período de una hora, donde se observa que al disminuir la frecuencia a 4 minutos y aumentar la cantidad de microbuses que circulan en una hora los pasajeros que abordan los microbuses aumentan.

Tabla 5.3: Pasajeros que abordan el transporte público.

Pasajeros (pax/15min)	Situación con proyecto	Situación actual calibrada	% de ocupación
Total pasajeros ingresados 7:00- 7:15	104	106	44%
Total pasajeros ingresados 7:15- 7:30	98	100	53%
Total pasajeros ingresados 7:30- 7:45	92	50	63%
Total pasajeros ingresados 7:45- 8:00	96	46	56%

Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019.

A continuación, en la Figura 5.4 se encuentra un gráfico de pasajeros que abordan el microbús, en naranja se presentan la situación calibrada y en azul la situación con proyecto, donde queda en evidencia que al aumentar la cantidad de microbuses en el sector de estudio, logran abordar los pasajeros que quedan en espera en los paraderos. Se debe considerar que la situación sin proyecto la cantidad de pasajeros que logra abordar el transporte público en el período de una hora son 302 [pax/h] mientras que quedando en espera 88 [pax/h]. Al aumentar la cantidad de microbuses se obtiene que estos logran llevar a todos los pasajeros (pasajeros que suben al transporte y los que quedan en espera) lo cual arroja una cantidad de 390 [pax/h], obteniendo un 54% en el índice de mejora.

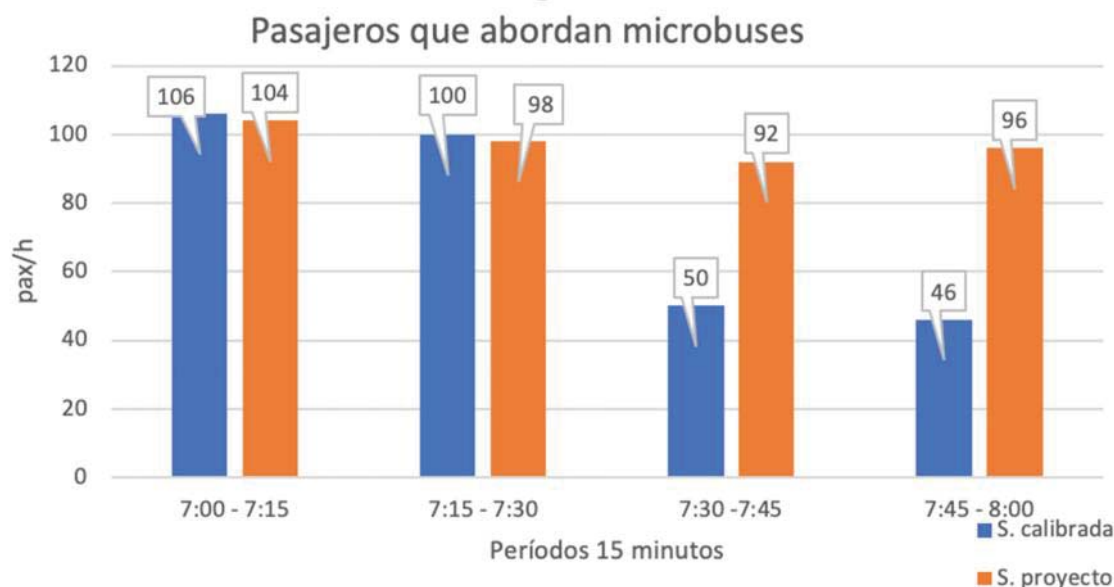


Figura 5.4: Pasajeros abordan los microbuses situación calibrada.
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de PTV VISSIM 7.0, 2019.

Respecto a los microbuses que circulan en hora punta mañana, se obtiene un 100% en el índice de mejora, debido a que cumple con lo expuesto por TMV (2019) de doce microbuses en circulación con una frecuencia de cuatro minutos entre ellas, lo mencionado anteriormente se visualiza en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Comparación de circulación de buses de transporte público.

Transporte público (bus/15min)	Situación con proyecto	Situación actual calibrada	Índice de mejora
Promedio circulación de buses 7:00- 7:15	3	2	33%
Promedio circulación de buses 7:15- 7:30	4	2	50%
Promedio circulación de buses 7:30 - 7:45	3	1	67%
Promedio circulación de buses 7:45- 8:00	2	1	50%

Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019.

A continuación, en la Figura 5.5 se realiza comparación gráfica entre la circulación del transporte público que presenta la situación actual calibrada y la propuesta de solución.

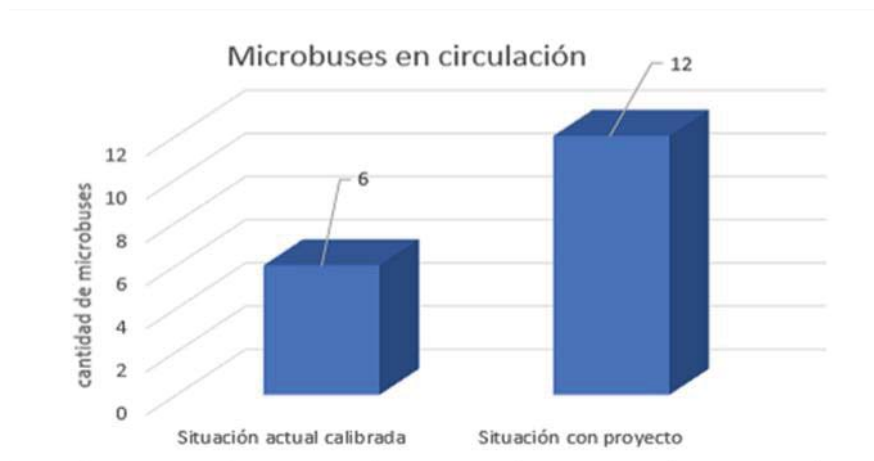


Figura 5.5: Gráfico comparativo de microbuses en circulación.
Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos desde VISSIM 7.0, 2019.

Posteriormente, el tiempo de viaje de los microbuses y los pasajeros en recorrer el tramo en estudio disminuye de doce minutos a siete minutos, lo que equivale a un 100% en el índice de mejora como se muestra en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5: Comparación de tiempos de viajes

Tiempo de viaje (s)	Situación con proyecto (s)	Situación actual calibrada en (s)	Índice de mejora
7:00- 7:15	463,08	720	55%
7:15- 7:30	465,16	720	55%
7:30- 7:45	462,99	720	54%
7:45- 8:00	463,63	720	55%

Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019.

En la Figura 5.6 se presenta gráfico de comparación de resultados entre la situación actual calibrada y situación propuesta.

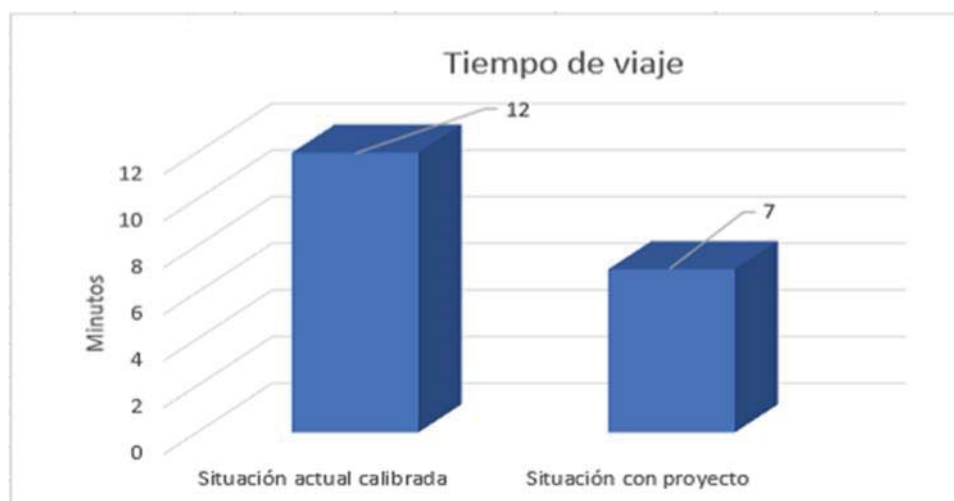


Figura 5.6: Gráfico diferencia de tiempo de viaje.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos desde VISSIM 7.0, 2019.

Respecto a las detenciones de los microbuses que circulan en cerro Rocuant, disminuye debido a la implementación de paraderos fijos y de vallas peatonales, es importante considerar que las detenciones son contabilizadas en las veces que el transporte público se detiene para la toma de pasajeros. Lo mencionado anterior, obliga a los peatones residentes del sector esperar en los lugares de espera. Como resultado se obtiene un índice de mejora de un 100%. Lo expuesto se observa en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6: Indicador de rendimiento de propuesta de solución

Detenciones (det/bus)	Situación con proyecto (det/veh)	Situación actual calibrada	Índice de mejora
Detenciones 7:00- 7:15	8	11	37%
Detenciones 7:15- 7:30	8	11	37%
Detenciones 7:30- 7:45	8	11	37%
Detenciones 7:45- 8:00	8	11	37%

Fuente: Recuperado de PTV VISSIM 7.0, 2019

En la Figura 5.7 se presenta gráfico de comparación de resultados entre la situación actual calibrada y situación propuesta.

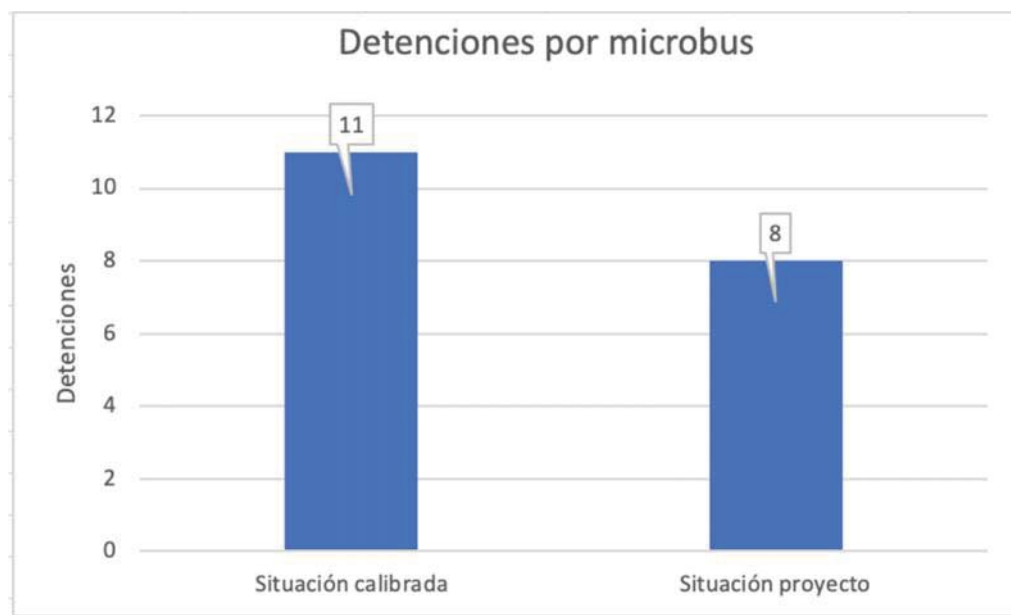


Figura 5.7: Gráfico diferencia detenciones
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos desde VISSIM 7.0, 2019.

Por otro lado, considerando la longitud del tramo en estudio, se puede determinar que la velocidad comercial aumenta a 9.3 [km/h] y velocidad de recorrido se mantiene en 35 [km/h], debido a las características físicas que posee el sector y considerando que el estudio es en el tramo de bajada. Es importante tener en cuenta que los cerros de Valparaíso se caracterizan por sus pronunciadas pendientes. Debido a lo anterior, el resultado obtenido sigue siendo representativo a lo visto en terreno.

Finalmente, la situación proyectada arroja una disminución en los tiempos de viajes, un aumento en la circulación en los microbuses y disminución de las detenciones que realizaba el transporte, lo que genera, una mejora en las condiciones actuales tanto para el transporte público como para los usuarios residentes del sector. Debido a la implementación de paraderos fijos, aumento en la circulación de microbuses y frecuencia de estos, arroja que el índice de mejora es de un 37%.

Conclusión y futuros trabajos

El presente proyecto se desarrolla para disminuir tiempos de viaje y detenciones del cerro Rocuant, el objetivo es implementar paraderos y aumentar la cantidad de microbuses que circulan en el sector, debido a que el cerro no cuenta con el servicio de transporte adecuado y con un diseño vial actualizado. A lo largo del desarrollo del proyecto queda reflejado que no solo se encuentran desactualizados en su diseño, sino que se encuentran con un bajo número de microbuses que realizan el recorrido en cerro Rocuant, encontrándose actualmente con solo seis microbuses con una frecuencia de 12 minutos. En consecuencia, los usuarios tardan en llegar a sus destinos debido a las largas esperas de las llegadas de microbuses para el inicio del recorrido, como también, de las frecuentes paradas que realiza el transporte para la toma de pasajeros.

Luego de desarrollar la situación con proyecto en el microimulador PTV VISSIM 7.0, se obtuvo que la solución propuesta, la cual consiste en la implementación de paraderos formales fijos, aumentar a doce microbuses en circulación resulta eficiente debido a que disminuyó los tiempos de viaje de 12 minutos a 7 minutos en recorrer la red, al disminuir la frecuencia de los microbuses a 4 minutos entre ellos, disminuye también las esperas de los pasajeros en los paraderos y finalmente disminuyen las constantes detenciones que debía realizar el transporte público al no contar con paraderos definidos. Lo anterior genera un impacto positivo para los residentes de cerro Rocuant ya que disminuye de manera considerable los indicadores de rendimiento con un 37% en las detenciones, 55 % en tiempo de viaje y en un 50% en la frecuencia de los microbuses, respecto a la situación actual.

Si bien lo mencionado anteriormente, es un factor importante para el cerro en estudio, se debe seguir trabajando en el diseño vial de todo cerro Rocuant debido a que no se encuentra con las condiciones adecuadas para la circulación de vehículos y transporte. Es por esto, por lo que como trabajo futuro se sugiere el rediseño vial de todo cerro Rocuant, donde exista la implementación de medidas de mitigación, pavimentación de vías y aceras existentes en el sector de estudio.

En la actualidad debido a una catástrofe ocurrida el 24 diciembre del 2019 en el cerro de estudio, se da a conocer que las vías que componen Rocuant no están inscritas y regularizadas

en el Municipio de Valparaíso, el sector figura como área verde. Lo anterior, justifica que hoy en día cerro Rocuant no cuente con las medidas de mitigación y diseño vial requerido.

Finalmente, como trabajo futuro se debe implementar una supervisión e inspección constante al estado de los microbuses pertenecientes a la línea que circula en cerro Rocuant, debido a que la empresa si cuenta con las maquinarias necesarias para satisfacer la demanda que existe hoy en el sector de estudio, sin embargo, no realizan las mantenciones adecuadas para el buen funcionamiento de éstas.

Referencias

- Atisba. (2018). Despoblamiento de Valparaíso. Recuperado 15 abril de 2019, de <http://www.atisba.cl/wp-content/uploads/2018/07/Reporte-Atisba-Monitor-Censo-2017-Valpara%C3%ADso-low.pdf>
- Corporación. (2019). Paraderos y refugios peatonales claves en la cadena del transporte público accesible. *Corporación ciudad accesible*, 1 - 10.
- CADE – IDEPE (1988). Investigación de análisis y seguimiento de transporte público. Informe final, Intendencia del a Región Metropolitana, Santiago.
- Craig, P. (20 de junio de 2019). Línea de transporte. (E. Labbé, Entrevistador)
- EBTU (1982). Tratamento preferencial ao transporte coletivo por ônibus. Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, Ministerio dos Transportes, Brasilia.
- Fernández, R. (1999). Medidas de prioridad al transporte público. *IX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, (págs. 419- 429). Santiago, Chile.
- Fernández, R. (2000). Un modelo microscópico de Interacción entre pparaderos de buses. *Actas XI congreso Panamericano de Ingeniería de tránsito y transporte*, (págs. 235-248). brasil. Recuperadoel 15 de abril de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Fernandez12/publication/263889542_UN_MODELO_MICROSCOPICO_DE_INTERACCION_ENTRE_PARADEROS_DE_BUSES/links/00b4953c425394f9a0000000/UN-MODELO-MICROSCOPICO-DE-INTERACCION-ENTRE-PARADEROS-DE-BUSES.pdf
- Fernández, R. (2006). Modelación de pasajeros, buses y paraderos en microsiuladores de tráfico. Revisión y extensiones. *XIV congreso Panamericano de Ingeniería de Transito y Transporte*, (págs. 20- 23). Las Palmas de Gran Canaria. Recuperado el 15 de abril de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Fernandez12/publication/263889524_MODELACION_DE_PASAJEROS_BUSES_Y_PARADEROS_EN_MICROSIMULA

[DORES_DE_TRAFICO_REVISION_Y_EXTENSIONES/links/00b4953c422849d77a000000.pdf](#)

Fernández, R. (2008). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular*. Santiago.

Fernández, R., & Valenzuela, E. (2002). *Diagnóstico y diseño de facilidades al transporte público*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de https://www.cec.uchile.cl/~ci53g/apuntes_diagnostico_diseno_facilidades.pdf

Gibson, J., Baeza, I., & Willumsen, L. (1989). *Bus-stops, congestion and congested busstops*. *Traffic Engineering and Control* 30 (6).

Giicud. (2012). *Consideraciones a la implementación de paraderos obligatorios para el transporte público colectivo en Bogotá*. Obtenido de [file:///Users/eileenlabbeonetto/Downloads/6821-Texto%20del%20art%C3%ADculo-30728-1-10-20140705%20\(1\).pdf](file:///Users/eileenlabbeonetto/Downloads/6821-Texto%20del%20art%C3%ADculo-30728-1-10-20140705%20(1).pdf)

Manual VISSIM, 5.4 (2012). *Manual de usuario VISSIM 5.4*. PTV Planung Transport Verkehr AG.

MESPIVU (2013), *Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana*, Ministerio de Desarrollo Social y SECTRA, Santiago, Chile.

Poduje, I. (julio de 2018). *atisba*. Recuperado el 20 de marzo de 2019, de <http://www.atisba.cl/wp-content/uploads/2018/07/Reporte-Atisba-Monitor-Censo-2017-Valpara%C3%ADso-low.pdf>

REDEVU (2010). *Manual de vialidad Urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial Urbana. Capítulo 10. Gobierno de Chile*

Tirachini, A. (2013). *Modelación de tiempos de detención de buses en paraderos de Santiago y Valparaíso - Viña del mar*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de <http://ingenieriadetransporte.org/index.php/sochitran/article/view/139/125>

TMV, T. (2019). *tmv*. Recuperado el 20 de marzo de 2019, de http://www.tmv.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=248#unidad-7

TRB (2000). *Highway Capacity Manual*. Special Report 209, Transportation Reserch Board, Washington, D.C.

Valdivia, A. B. (28 de marzo de 2009). *Memoria Barrio O'Higgins*. Recuperado el 20 de marzo de 2019, de <http://memoriabarrioohiggins.blogspot.com/>

Ward, C. (2011). *Bus Stop Safety Toolbox*. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de dvrpc: https://www.dvrpc.org/CentralJerseyForum/ActionTeams/pdf/NJTPA_BusStopSafetyToolboxweb.pdf

Anexos

Anexo 1

Tabla A1.1: Conteo primera estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax/bus)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	20	----	----	4	2	----
	2	15	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	15	----	----	4	2	----
	2	20	----	----	4		----
7:30 - 7:45	2	15	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	9	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomado en terreno, 2019.

Tabla A1.2: Conteo segunda estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abrir y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	3	----	----	4	2	----
	2	2	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	3	----	----	4	2	----
	2	3	----	----	4		----
7:30 - 7:45	2	3	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	4	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomado en terreno, 2019.

Tabla A1.3: Conteo tercera estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abrir y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	3	----	----	4	2	----
	2	5	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	4	----	----	4	2	----
	2	3	----	----	4		----
7:30 - 7:45	2	9	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	0	----	----	----	----	1

Fuente: Elaboración propia con datos tomado en terreno, 2019.

Tabla A1.4: Conteo cuarta estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abrir y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	2	----	----	4	2	----
	2	1	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	2	----	----	4	2	----
	2	2	----	----	4		----
7:30 - 7:45	2	1	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	2	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno, 2019.

Tabla A1.5: Conteo quinta estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abrir y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	3	----	----	4	2	----
	2	3	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	8	----	----	4	2	----
	2	10	----	----	4		----
7:30 - 7:45	2	3	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	10	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno, 2019.

Tabla A1.6: Conteo sexta estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	6	----	----	4	2	----
	2	6	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	10	----	----	4	2	----
	2	10	----	----	4		----
7:30 - 7:45	2	1	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	8	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomado en terreno, 2019.

Tabla A1.7: Conteo séptima estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	10	----	----	4	2	----
	2	15	----	----	4		----
7:15 - 7:30	----	----	----	----	----	----	2
	----	----	----	----	----		2
7:30 - 7:45	2	10	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	9	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomado en terreno, 2019.

Tabla A1.8: Conteo octava estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	3	----	----	4	2	----
	2	1	----	----	4		----
7:15 - 7:30	2	1	----	----	4	1	----
	----	----	----	----	----		1
7:30 - 7:45	2	1	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	1	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno, 2019.

Tabla A1.9: Conteo novena estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	----	----	----	----	----	----	1
	----	----	----	----	----		1
7:15 - 7:30	2	2	----	----	4	1	----
	----	----	----	----	----		1
7:30 - 7:45	2	7	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	----	----	----	----	----	----	1

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en terreno, 2019.

Tabla A1.10: Conteo décima estación de transferencia.

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	----	----	----	----	----	1	1
	2	2	----	----	4		
7:15 - 7:30	2	5	----	----	4	2	----
	2	2	----	----	4		----
7:30 - 7:45	----	----	----	----	4	1	----
7:45 - 8:00	2	2	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración de transferencia con datos tomados en terreno, 2019.

Tabla A1.11: Conteo último paradero en estudio

Periodo	Subida pasajeros		Bajada de pasajeros		Promedio tiempo de abre y cierre de puertas (s)	Total de buses que se detienen	Total de buses que no se detienen
	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)	Promedio tiempo (s)	Pasajeros (pax)			
7:00 - 7:15	2	1	----	----	4	1	----
	----	0	----	----	----		1
7:15 - 7:30	2	1	----	----	4	1	----
	----	0	----	----	----		1
7:30 - 7:45	----	0	----	----	----	----	1
7:45 - 8:00	2	1	----	----	4	1	----

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en terreno, 2019.

Anexo 2



Figura A2.1: Segundo paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.2: Tercer paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.3: Cuarto paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.4: Quinto paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.5: Sexto paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.6: Séptimo paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.7: Octavo paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.8: Noveno paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.9: Décimo paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps, 2019.



Figura A2.10: Undécimo paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps,2019.



Figura A2.11: Duodécimo paradero informal.
Fuente: Recuperado de Google Maps,2019.