

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE PARADEROS
TIPO, SEGÚN LA DEMANDA DE USUARIOS. CASO: “ZONAS DE ESPERA
DEL SITP – BOGOTÁ”**

ING. LUIS AURELIO PAEZ ZARAZA

ING. MONICA ANDREA PRIETO SANCHEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

MAESTRIA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

INFRAESTRUCTURA VIAL

BOGOTÁ D.C

2019

**INCIDENCIA DEL ANALISIS DE LA DEMANDA DE USUARIOS, EN LA
DETERMINACION DE PARADEROS TIPO. CASO: “ZONAS DE ESPERA DEL
SITP – BOGOTA”**

ING. LUIS AURELIO PAEZ ZARAZA

ING. MONICA ANDREA PRIETO SANCHEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Magister en Infraestructura Vial.**

Asesor Disciplinar

ING. MARIO CARDOZO CHAUX

Ing. Civil Msc. Ingeniería Civil Infraestructura Vial y Transporte

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

MAESTRIA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

INFRAESTRUCTURA VIAL

BOGOTÁ D.C

2019

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, febrero de 2019

DEDICATORIA

En primer lugar quiero agradecer a Dios por escucharme en silencio, guiarme cuando estaba confundida, fortalecerme cuando estuve cansada y débil y finalmente por permitirme culminar con este sueño que se forjó con dedicación y esfuerzo.

A mi compañero y amigo de tesis Luis Aurelio Páez que con su lealtad, inteligencia, pasión y ganas a salir adelante, me guiaban en cada momento y eran el apoyo para cada dificultad.

Al Ingeniero Mario Cardozo Chaux, nuestro director de tesis, por su paciencia, orientación y guía durante el desarrollo de este proyecto.

A mis queridos padres Margarita Sánchez y Jorge Prieto porque me enseñaron que no se puede lograr nada sin hacer un esfuerzo, por ser un apoyo incondicional cuando me vieron caer ya que con su amor y paciencia me animaron para mantenerme fuerte y luchar por salir adelante. Igualmente a mis hermanos Fernando, Nicolás y Catalina porque siempre han sido un gran apoyo incondicional.

A mi abuelita Otilia Torres porque siempre confió en mí y siempre tuvo la palabra precisa para cuando podía recaer.

A mi novio Andrés Felipe Castillo, por su amor, apoyo, compañía y paciencia con todo el proceso para este logro.

A todos mis amigos por su lealtad, su cariño, su sinceridad, su comprensión y compañía en mis logros y fracasos. Y finalmente a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la culminación del presente trabajo.

MÓNICA ANDREA PRIETO SÁNCHEZ

A medida que se avanza en este trayecto académico - profesional, se comienzan y culminan etapas que llenan de nuevas perspectivas la misión como ingeniero civil, y no es otra más que la de servir a la sociedad en su bienestar y evolución. Hoy recibo el grado de Magister, sinónimo de una gran responsabilidad que asumiré con orgullo y dedicación en el nombre de Dios, el de mi familia, el de mi hermosa esposa, mis profesores y el mío.

¡Gracias a ustedes!

LUIS AURELIO PAEZ ZARAZA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por fortalecer nuestro espíritu y colocar en nuestros caminos a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. A nuestros padres y hermanos porque con su apoyo y aliento hoy hemos logrado culminar nuestra carrera profesional.

También nos gustaría dedicar este logro a los profesores de la Universidad Santo Tomas y de Escuela de Ingenieros Militares porque gracias a sus orientaciones, motivaciones y consejos recibidos a lo largo de los últimos años han aportado su granito de arena a nuestra formación académica.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	15
RESUMEN.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.1 DEFINICIÓN.....	20
1.1.1 <i>Mobiliario Urbano M-10.....</i>	<i>44</i>
1.1.2 <i>Zonas duras accesibles.....</i>	<i>38</i>
1.1.3 <i>Criterios generales de ubicación de paraderos del SITP.....</i>	<i>39</i>
1.2 FORMULACIÓN.....	24
1.3 VARIABLES:	24
1.3.1 <i>La Capacidad.....</i>	<i>24</i>
1.3.2 <i>Niveles De Servicio, (LOS).....</i>	<i>25</i>
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 GENERAL:.....	26
2.2 ESPECÍFICOS:	26
3. JUSTIFICACION.....	27
4. MARCO DE REFERENCIA.....	28
4.1 ANTECEDENTES TEMÁTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	28
4.1.1 <i>Investigación: Match bus stops to a digital road network by the shortest path model</i> 28	
4.1.2 <i>Investigación: Bus stop-skipping scheme with random travel time</i>	<i>29</i>
4.1.3 <i>Investigación: Bus service time estimation model for a curbside bus stop.....</i>	<i>29</i>
4.1.4 <i>Investigación: Mitigating negative impacts of near-side bus stops on cars.</i>	<i>31</i>

4.1.5	<i>Investigación: Bus stop and bus terminal capacity.</i>	33
4.1.6	<i>Investigación: Information on public transport: a comparison between information systems at bus stops.</i>	33
4.1.7	<i>Investigación: Optimizing bus stop spacing in urban areas</i>	34
4.1.8	<i>DOCUMENTO: Manual de operación tránsito y transporte de Bogotá.</i>	34
4.1.9	<i>LIBRO: Transporte público: planeación, diseño, operación y administración</i>	35
4.2	MARCO CONTEXTUAL, INSTITUCIONAL	36
4.3	MARCO LEGAL O NORMATIVO	37
4.4	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	40
5.	METODO DE INVESTIGACION	49
5.1	TIPO DE INVESTIGACION Y ENFOQUE	49
5.2	DISEÑO METODOLOGICO	50
5.2.1	<i>Análisis del Comportamiento Zonas de Espera.</i>	50
5.2.2	<i>Metodología de Selección de Paraderos Tipo.</i>	51
5.2.3	<i>Propuesta operacional zonas de espera y de diseño M10</i>	54
5.3	SELECCIÓN MUESTRAL	54
6.	APLICACIÓN Y RESULTADOS DEL DISEÑO METODOLOGICO CASO BOGOTA.	59
6.1	RESULTADOS ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ZONAS DE ESPERA	59
6.1.1	<i>Clasificación vial para el diagnóstico de paraderos.</i>	59
6.2	SELECCION DE PARADERO TIPO	69
6.2.1	<i>Paradero Tipo según Mobiliario</i>	69
6.2.2	<i>Caracterización del Espacio Público</i>	72
6.2.3	<i>Caracterización de la Demanda Vs. Ancho De Andén</i>	76

6.2.4	<i>Capacidad y Niveles de Servicio en Zonas de Espera</i>	77
6.3	PROPUESTA PARADEROS TIPO	95
6.3.1	<i>Propuesta Operacional</i>	95
6.3.2	<i>Propuesta Módulos de refugio M10</i>	99
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
8.	BIBLIOGRAFÍA	114

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio para zonas de espera	25
Tabla 2. Ejemplo cuadro ancho de andén vs tipo de corredor vial.....	51
Tabla 3. Categorías de los paraderos de acuerdo con las condiciones físicas del espacio público	55
Tabla 4. Población paraderos categoría 4 por tipo de vía.....	63
Tabla 5. Niveles de Demanda.....	69
Tabla 6. Ejemplo de la información suministrada por Transmilenio S.A.	72
Tabla 7. Matriz Tipo de Vía vs. Ancho de Andén	73
Tabla 8. Registro fotográfico paraderos tipo por ancho de andén	75
Tabla 9. Comportamiento de la demanda vs ancho de andén.....	76
Tabla 10. Variación de Niveles de servicio en zonas de espera Nivel de Servicio A	78
Tabla 11. Área Efectiva.....	83
Tabla 12. Análisis de los Niveles de servicio en paraderos del SITP.....	84
Tabla 13. Niveles de servicio en paraderos con ancho de anden menor a 2.5 m por tipo de vía	90
Tabla 14. Ejemplo de diagnóstico de la localización de los paraderos en vía principal	93
Tabla 15. Ejemplo de diagnóstico de la localización de los paraderos en vía Local	94
Tabla 16. Propuesta de distribución de la demanda en módulos de parada	98
Tabla 17. Capacidad Usuarios por metro cuadrado según el Estado del Clima ..	101
Tabla 18. Evaluación del dimensionamiento del M10 para clima Seco o Nublado	102

Tabla 19. Evaluación Dimensionamiento de M10 para clima Lluvioso	102
Tabla 20. Módulos según Nivel de Demanda	103
Tabla 21. Paradero Cra 7 No. 40 situación Actual/ Situación deseada.....	104
Tabla 22. Nivel de servicio recomendado	108
Tabla 23. Propuesta de distribución de la demanda en módulos de parada	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Paradero Dual de alta demanda (Kr 7 – Calle 116)	20
Figura 2. Paradero zonal con alta demanda (Av. 1 Mayo – Cl 40B Sur)	21
Figura 3. Dimensiones de Paradero Tipo M10.....	45
Figura 4. Paraderos sin módulo M10	
Figura 5. Zona de espera usuarios	
Figura 6. Zona de espera objeto de análisis de la demanda de usuarios	23
Figura 7. Usuarios sin ningún orden en las zonas de espera	30
Figura 8. Niveles de aleatoriedad	32
Figura 9. Dimensionamiento de plataforma o andenes.....	36
Figura 10. Primeros paraderos en la ciudad de Bogotá.....	41
Figura 11. Zonas de SITP en Bogotá.....	42
Figura 12. Tipo de investigación	50
Figura 13. Área de la zona de espera.....	53
Figura 14. Malla vial Principal de Bogotá.....	60
Figura 15. Malla vial Colectora.....	61
Figura 16. Malla Vial Local.....	62
Figura 17. Evolución de la demanda día hábil	64
Figura 18. Evolución de la demanda en hora pico – día hábil	65
Figura 19. Perfil de la demanda de usuarios en día típico zonal.....	66
Figura 20. Frecuencia Vs Demanda	67
Figura 21. Demanda de usuarios en zonas de espera	68

Figura 22. Paradero tipo 1 (Paradero con módulo).....	70
Figura 23. Paradero tipo 2 (Paradero con Totem)	71
Figura 24. Paradero tipo 3 (Paradero con señal bandera).....	71
Figura 25. Clasificación paraderos por tipo de vía y ancho de andén.....	74
Figura 26. Localización paraderos con niveles de servicio D, E, F	85
Figura 27. Paradero con nivel de servicio D – ancho de anden >5.5 m.....	85
Figura 28. Distribución porcentual de los niveles de servicio en zonas de espera - paraderos del SITP	86
Figura 29. Paradero en vía Local – Kr 9A con CI 50 ^a Sur	87
Figura 30. Paradero en vía Colectora – Kr 121 con CI 64B	88
Figura 31. Paradero en vía Principal – Kr 7 con calle 116	89
Figura 32. Concentración de la demanda en paraderos con ancho menor de 2.5m	91
Figura 33. Variables para escoger el Paradero Tipo.....	95
Figura 34. Procedimiento para la valoración del nivel de servicio de los paraderos tipo	
Figura 35. Composición del paradero.	99
Figura 36. M10 actual	100
Figura 37. Modelación M10 Con Nivel de Demanda Baja	105
Figura 38. Modelación M10-3 Con Nivel de Demanda Alta y Media.....	106
Figura 39. Modelación M10-4 Con Nivel de Demanda Alta	107
Figura 40. Calificación de la demanda en paraderos con ancho de anden > 2.50 m	109
Figura 41. Clasificación vial y de usos del suelo en paraderos tipo 2.....	110
Figura 42. Valores de la demanda en paraderos con ancho de anden < 2.50 m que requieren ser castigados en su nivel de servicio.....	111

GLOSARIO.

ÁREA DE SEGURIDAD: Refugio temporal al aire libre y demarcado para organizar personas que desean acceder a un servicio

ACCESIBILIDAD: Nivel en el que las personas pueden hacer uso un servicio.

ANDEN: Plataforma elevada de las vías que permite la circulación de los peatones.

CAPACIDAD: Facultad que tiene un espacio para albergar cierta cantidad de personas

DEMANDA: Número promedio de peatones por unidad de área

ESPACIO PÚBLICO: Es el lugar de propiedad del distrito para uso de peatonal y vehicular, donde cualquier persona tiene derecho de circular libremente.

INFRAESTRUCTURA PEATONAL: Conjunto de elementos urbanos en las vías, andenes y parques para el uso exclusivo de peatones.

M-10: Elemento modular que señala los sitios de parada del transporte público.

MOBILIARIO URBANO: Instalaciones públicas para el uso y organización del espacio.

MODOS DE TRANSPORTE: Se refiere al medio mediante el cual se puede llevar a cabo el transporte.

MOVILIDAD: Conjunto de desplazamientos realizados por las personas por medio de diferentes medios de transporte.

NIVELES DE SERVICIO: Parámetro para estimar la calidad de circulación en la infraestructura peatonal.

PARADERO: Lugar público destinado para el embarque o desembarque de usuarios de un tipo de transporte.

PEATÓN: Persona que transita a pie por el espacio público.

PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA (PMR): Personas con capacidad limitada para moverse sin ayuda.

PLATAFORMA CORTA: Anden de poco espacio

SATURACION: Cantidad de personas en un lugar hasta que no es posible aumentar la concentración de estas.

SEGURIDAD VIAL: Acciones que garantizan el funcionamiento de peatones, conductores y pasajeros

SERVICIO: Son actividades que suplen las necesidades de las personas

SITP: Sistema Integrado de Transporte Publico

TRANSPORTE: Medio mediante el cual se lleva a cabo el traslado de personas o mercancías de un punto a otro.

USUARIO: Persona que usa habitualmente un servicio.

VALIDACION: Registro realizado por el usuario en el momento de ingresar a los buses, el cual genera un reporte al operador del SITP de la localización y la hora del ascenso.

VÍA COLECTORA: Calles que permiten la conexión entre las vías principales y las vías locales y se encargan de dar accesibilidad

VÍA LOCAL: Calle ubicada en zonas residenciales que se conectan con vías colectoras, dan acceso a las propiedades residenciales.

VÍA PRINCIPAL: Calle publica que tiene prelación sobre las demás vías.

ZONA DURA: Se refiere al espacio público destinado a los paraderos para la espera del servicio de transporte público, localizada sobre andenes consolidados (altura de andén mayor a 20 cm, con una superficie en concreto, adoquín o loseta).

ZONAS DE ESPERA: Lugar destinado para que las personas permanecen mientras acceden a un servicio.

RESUMEN.

El presente trabajo de grado plantea una propuesta metodológica para determinar los paraderos tipo de acuerdo con la demanda de usuarios del SITP en las zonas de espera, por lo que se requiere analizar el comportamiento de las zonas de espera frente al ancho de andén y su localización vial en condiciones de alta, media y baja demanda, que permitan establecer los niveles de servicio en que estas zonas de espera operan y el nivel de servicio deseado, de esta manera generar una propuesta operacional que tienda a mejorar las actuales condiciones de servicio en los paraderos de la ciudad de Bogotá, y que a su vez sirva de modelo para otros sistemas de paraderos que operen en condiciones similares a la infraestructura vial bogotana.

El estudio se desarrolló basados en la información de paraderos de la ciudad de Bogotá y la demanda actual de usuarios del SITP, adaptando la metodología de cálculo de capacidad y niveles de servicio expuestos en el HCM 2000 para zonas de espera peatonal a las dimensiones de las zonas de espera de los paraderos, así mismo se utiliza la metodología del HCM para analizar las tasas de refugio de usuarios, en los paraderos que cuentan modulo M10, que permitió plantear una propuesta en el dimensionamiento de las áreas de refugio acorde a la demanda presentada en las zonas de espera de los paraderos.

INTRODUCCIÓN.

El estudio “Propuesta metodológica para la determinación de paraderos tipo, según la demanda de usuarios. Caso: “zonas de espera del SITP – Bogotá”, presenta una propuesta para mejorar sustancialmente el sistema de paraderos de la ciudad, desde la perspectiva de la infraestructura peatonal disponible para la prestación del servicio de transferencia de usuarios del SITP.

Algunas de las problemáticas encontradas en el servicio de parada, se evidencia en la infraestructura física, que en muchos casos no es suficiente para atender la demanda de usuarios en las zonas de espera, observándose fuertes saturaciones al interior de ellas, fricciones con peatones, aumento de los riesgos de seguridad vial, conflictos con otros modos de transporte, lo que está generando inconformidades entre los usuarios y los demás actores en la movilidad de la ciudad.

En el 2001 el DADEP (Defensoría del espacio público) concesiono con la empresa privada EUCOL (Equipamentos urbanos de Colombia), la fabricación, instalación y mantenimiento de paraderos. Esta concesión junto con Transmilenio S.A. iniciaron las actividades de localización de paraderos en la ciudad de Bogota, siguiendo algunos parámetros básicos para su operación, entre ellos están:

- Distancia aproximada entre paraderos 400 m
- División de paraderos múltiples de acuerdo con la cantidad de rutas asignadas al paradero.

Sin embargo, dentro de los parámetros de localización y operación de los paraderos no se tuvo en cuenta la demanda de cada paradero, situación que llevo a Transmilenio S.A. a mantener una constante reorganización de la localización en vista al aumento de la demanda del servicio y a la insuficiente infraestructura peatonal con la que cuenta la ciudad de Bogotá.

El alcance del presente proyecto de grado se presenta exclusivamente al análisis de la demanda actual de usuarios en las zonas de espera de los paraderos del SITP, y de cómo esta demanda esta interactuando en la infraestructura peatonal (ancho de andén, zonas duras accesibles, localización tipo de vía, niveles de servicio zonas de espera, usos del suelo) de la ciudad.

Variables implícitas en la ocupación de un territorio como el estrato socioeconómico y otras variables en la planificación y operación del transporte (generación de viajes, selección modal, frecuencias de buses, tiempos de permanencia, longitudes de cola entre otros), no se encuentran dentro del alcance del presente estudio, lo cual deja todo un campo muestral de información, que puede ser objeto de análisis de futuras investigaciones, que complementen e incorporen nuevas variables a la determinación de paraderos tipo.

El termino paraderos tipo, se le llama a las diversas configuraciones que pueden presentar los paraderos, al clasificarlos por su demanda (volumen de usuarios en zonas de espera) y las características de la infraestructura peatonal en donde se encuentran operando.

Para evaluar la operación de los paraderos en sus zonas de espera, es necesario realizar un análisis del comportamiento de la demanda en estas zonas de espera para las diversas configuraciones de la infraestructura peatonal con la que cuenta Bogotá, especialmente en aquellos paraderos que no cuentan con un ancho de andén adecuado para la atender la alta demanda del servicio en algunos sectores de la ciudad.

El presente documento contempla dos capítulos para determinar las condiciones de la infraestructura y la operación del servicio de transporte asociado a los paraderos. En Capitulo 5 se realiza un análisis del comportamiento de las zonas de espera en cuanto a su localización (clasificación vial), la demanda actual de usuarios y los anchos de andén disponibles para la operación de estas zonas de espera. En el Capítulo 6 se desarrolla una metodología para la selección de paraderos tipo, en donde se realiza el análisis de la información suministrada por Transmilenio S.A., la cual facilito caracterizar las condiciones del espacio público y el comportamiento de la demanda frente al ancho de andén, la cual permitió determinar la capacidad y niveles de servicio de las zonas de espera.

Finalmente, en el capítulo 7 se emprende las propuestas operacionales y de diseño del mobiliario (M10), que determinan los paraderos tipo acordes a las condiciones actuales de la operación y de infraestructura del sistema de paraderos del SITP.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 DEFINICIÓN

Según informe reciente (Transmilenio S.A., junio 2018), la demanda de usuarios de SITP desde el inicio de su operación en el 2012 ha aumentado progresivamente, alcanzando más de 133 millones de abordajes en el tercer trimestre del 2016, desde entonces el sistema a manifestado un leve descenso de abordajes, registrándose en el segundo trimestre 112 millones de abordajes. Estas cifras son el denominador al que se ven enfrentados la operación de los 7 mil paraderos con los que cuenta la ciudad de Bogotá, y que estos a su vez presentan un particular comportamiento de la demanda de acuerdo con su localización frente a la atracción y generación de viajes.

Algunos paraderos presentan altas demandas de usuarios, alcanzando los 6600 usuarios/día utilizando una infraestructura física que en muchos casos no es suficiente para atender dicha demanda, observándose saturación de usuarios en zonas de espera, fricciones con peatones, aumento de los riesgos de seguridad vial, conflictos con otros modos de transporte, lo que está generando inconformidades en el servicio de transferencia de usuarios.

Figura 1. Paradero Dual de alta demanda (Kr 7 – Calle 116)



Fuente: Archivo fotográfico propio.

A las anteriores condiciones de la operación se le suma el estado actual de la infraestructura física con la que cuenta cada paradero, como, por ejemplo: zonas duras con plataforma corta, andenes angostos o a nivel de la calzada, ausencia de

andenes, obstáculos en las zonas de espera, Infraestructura peatonal no adecuada para la accesibilidad, entre otros, disminuyen la capacidad y niveles de servicio de las zonas de espera.

Figura 2. Paradero zonal con alta demanda (Av. 1 Mayo – CI 40B Sur)



Fuente: Archivo fotográfico propio.

Existen otros conflictos generados por la localización de paraderos que afectan la movilidad del entorno, entre ellos se destacan:

- Los paraderos con alta demanda generan extensas longitudes de cola de buses, que pueden llegar a afectar los accesos y salidas de las intersecciones próximas.
- Los paraderos localizados en entrecruzamientos viales y de modos de transporte, generan congestión y riesgo de accidentalidad.
- Los paraderos ubicados frente a los accesos y salidas de parqueaderos obstaculizan el flujo vehicular de los residentes de la zona.

Sin desconocer las diversas problemáticas que atañen a las zonas de parada y que deben ser objeto de estudio por las entidades distritales que intervienen en la prestación del servicio de transporte público y la academia en general, la presente propuesta de proyecto de grado se concentra en desarrollar un proceso metodológico que permita analizar la capacidad y niveles de servicio de las zonas de espera en los escenarios de infraestructura vial y peatonal más relevantes, el

cual sirva de insumo para la toma de decisiones en el tratamiento de la saturación de las áreas de espera, buscando mejorar la calidad del servicio al usuario.

Por lo tanto, para el desarrollo del presente proyecto de grado se asume que los paraderos cuentan con unas condiciones ideales de las zonas de espera, entre ellas las contempladas en resolución 264 de 2015 y su modificación la resolución 303 de 2016 expedidas por la Secretaría de Movilidad de Bogotá, en la cual se fijan las condiciones técnicas y de accesibilidad para los paraderos de transporte público en el marco del Sistema Integrado de Transporte Público - SITP, así como los criterios y procedimientos para su ubicación dentro del área urbana del Distrito Capital. Entre los cuales se destacan:

Las condiciones ideales de un paradero deben cumplir con las anteriores especificaciones técnicas y criterios de localización, entre otras recomendaciones expuestas en la resolución 303 del 2016, la cartilla del espacio público y los documentos técnicos publicados por Transmilenio S.A. en el diseño, adecuación y construcción de paraderos accesibles del SITP.

Tomando como base que los paraderos cumplen con las condiciones ideales en que estos deben operar, el presente proyecto de grado realizará el análisis de la demanda de usuarios, para determinar los paraderos tipo, de acuerdo con el volumen de usuarios en las zonas de espera, lo que permitirá clasificar los paraderos por:

- Demanda
- Ancho de andén disponible
- Tipo de vía donde se encuentra localizado.
- Análisis del uso del suelo en condiciones limitadas de la infraestructura peatonal (ancho de andén estrecho)

Variables implícitas en la ocupación de un territorio como el estrato socioeconómico y otras variables en la planificación y operación del transporte (generación de viajes, selección modal, frecuencias de buses, tiempos de permanencia, longitudes de cola entre otros), no se encuentran dentro del alcance del presente estudio, lo cual deja todo un campo muestral de información, que puede ser objeto de análisis de futuras investigaciones, que complementen e incorporen nuevas variables a la determinación de paraderos tipo.

Por otra parte, para realizar los análisis de capacidad y niveles de servicio de un punto de parada, se pueden tener dos dimensiones para abordarlo. El primero de ellos determinando los parámetros que intervienen en la capacidad del área de

parada del bus, donde es necesario conocer las dimensiones de la flota vehicular, las longitudes de cola, tiempos de permanencia, tiempos de ascenso y descenso, frecuencias, nivel de ocupación, número de puertas disponibles para la transferencia, entre otras.

El segundo análisis trata en calcular la capacidad y niveles de servicio de las zonas de espera, el cual está directamente relacionado con el volumen máximo de usuarios, que se encuentran utilizando el área de espera disponible en un intervalo de tiempo, para lo cual es necesario conocer la densidad de usuarios, la hora de máxima demanda, el cuarto de hora más cargado, siendo el número de ascensos un factor determinante para el cálculo del volumen de usuarios en la zona de espera.

De los dos análisis anteriores de la capacidad y niveles de servicio en zonas de espera, solamente el segundo será objeto de estudio en el presente proyecto, por lo que deja abierto la inclusión de otras variables en futuros estudios, que permitan modelar la operación de los paraderos de un sistema de transporte.

Figura 3. Zona de espera objeto de análisis de la demanda de usuarios



Fuente: Archivo fotográfico propio

Luego de desarrollado la metodología para la definición de los paraderos tipo, según la capacidad y los niveles de servicio de las zonas de espera, se presentará una propuesta de diseño que establezca las dimensiones necesarias de un módulo M10, en base a la demanda de usuarios en el paradero y las dimensiones del espacio público.

1.2 FORMULACIÓN

¿EXISTE UNA METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE PARADEROS TIPO EN LAS ZONAS DE ESPERA DEL SITP, BASADOS EN LA DEMANDA DE USUARIOS?

1.3 VARIABLES:

1.3.1 La Capacidad

La capacidad peatonal sirve para evaluar el nivel de servicio que presta una infraestructura peatonal, según los flujos existentes y proyectados. Las variables que se deben tener en cuenta para el análisis de flujos peatonales definidas como variables macroscópicas son: velocidad, densidad y volumen.

- Velocidad (v): La velocidad peatonal (de caminata), es el promedio de velocidad de caminata, el cual generalmente se expresa en metros por minuto [m/min] o por segundo [m/s].
- Densidad (k): La densidad peatonal es el número promedio de peatones por unidad de área dentro de una zona peatonal dada, expresado en peatones por metro cuadrado [peat/m²].
- Volumen ó flujo peatonal (q): El flujo peatonal por unidad de longitud (ancho de la instalación), es el flujo peatonal promedio por unidad de ancho efectiva de la instalación (generalmente andenes o cruces), expresado en peatones por minuto por metro [peat/min/m].

Las variables macroscópicas (velocidad, densidad y volumen), se relacionan por medio de la ecuación 1:

$$Q = V_e * K$$

Donde:

Q= Tasa de flujo peatonal, pe/min o pe/h

V_e= Velocidad media espacial de caminata, m/s

K= Densidad peatonal, pe/m²

La velocidad de caminata disminuye a medida que se incrementa la tasa de flujo y la densidad, así mismo al incrementarse la densidad, disminuye el espacio peatonal y se reduce la movilidad, aumentando la fricción con otros peatones.

El espacio peatonal es el promedio de área que cada peatón ocupa en una zona peatonal, expresado en metros cuadrados por peatón [m²/peat]. Este valor es el inverso de la densidad y a menudo es más práctico para utilizarlo en el análisis de capacidad.

1.3.2 Niveles De Servicio, (LOS)

El nivel de servicio (LOS) es el parámetro para estimar la calidad de circulación en una infraestructura peatonal, el LOS cuantifica la calidad de servicio que percibe el usuario en un momento dado, se basa en criterios como: volúmenes, velocidad y densidad.

En cada nivel de servicio se utilizan letras para clasificar la calidad de servicio de cada vía, en el capítulo 18 del Highway Capacity Manual, HCM [4], se enumera una metodología que estudia los flujos peatonales, contiene información de tipo metodológica que se utiliza para calcular los niveles de servicio con que cuenta una infraestructura peatonal.

El HCM clasifica el nivel de servicio LOS, con las letras A, B, C, D, E y F, siendo la calificación A el indicador de la mejor calidad y la calificación de F la peor calidad). En las zonas de espera de usuarios cuando el nivel de servicio es A esto implica que en el área de espera del paradero existe libre circulación (baja densidad de usuarios) y cuando es F implica que no hay posibilidad de realizar algún movimiento por la alta densidad de usuarios "sin flujo o flujo inestable".

Tabla 1. Niveles de servicio para zonas de espera

NIVEL SERVICIO	Densidad (m ² /usuario)
A	>1,2
B	0,9 - 1,2
C	0,6 - 0,9
D	0,3 - 0,6
E	0,2 - 0,3
F	<0,2

Fuente: HCM, 2000

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL:

Proponer la metodología para la determinación de paraderos tipo, en las zonas de espera del SITP, basados en el análisis de la demanda de usuarios.

2.2 ESPECÍFICOS:

- Analizar el comportamiento de las zonas de espera de los paraderos en condiciones de alta y media demanda con diversas configuraciones del espacio público (ancho de andén estrecho, corredores viales principales, vías colectoras y locales)
- Formular una metodología que permita la selección de un paradero tipo, según la capacidad y los niveles de servicio de las zonas de espera de usuarios en los paraderos del SITP, en base a la demanda y las dimensiones del espacio público.
- Presentar una propuesta de diseño que establezca las dimensiones necesarias de un módulo M10, para atender el volumen de usuarios que utilizan las zonas de espera, en base a la demanda y las dimensiones del espacio público.

3. JUSTIFICACION

¿Cuál es la utilidad del proyecto de investigación?

En la actualidad el servicio de paraderos con que cuenta la ciudad de Bogotá se encuentra operando en una infraestructura peatonal que mantiene la misma configuración del transporte público colectivo. Desde el 2001 con el inicio de la concesión DADEP – EUCOL se introdujo el módulo caseta M10 para unas necesidades del servicio de transporte público diferentes a las actuales, luego con la entrada del SITP los puntos de parada pasaron a ser únicos, lo que ha generado un aumento de la demanda en las zonas de espera, en donde el M10 no logra salvaguardar un buen número de usuarios, desmejorando el servicio frente al confort y seguridad. A su vez este aumento de la demanda en sitios con anchos de andén estrechos no permite acoplar los M10, dejando al descubierto al usuario.

Por esta razón se observa la necesidad de realizar un estudio de la demanda de usuarios en las zonas de espera y de la infraestructura física del sistema de paraderos, que permita evaluar la capacidad de estas zonas de espera y servir de insumo en la toma de decisiones operativas de los paraderos, en cuanto al nivel de servicio deseado e implementación de los M10 adaptables a la infraestructura peatonal y a la demanda de usuarios.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES TEMÁTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes presentados a continuación sirven de soporte al presente trabajo de grado, ya que por medio de ellos se reconocen algunos parámetros de los flujos peatonales, que pueden aportar al análisis de las zonas de espera de los paraderos del SITP, y contextualizan las problemáticas actuales de la operación de los paraderos, además se identifica la ruta que cada uno de los autores ha tenido para la realización de su trabajo. Para ello se han tomado los siguientes estudios:

4.1.1 Investigación: Match bus stops to a digital road network by the shortest path model

JING-QUAN LI (2012) Afirma:

La configuración de los paraderos en la geometría de una vía y la falta de información de los buses de forma dinámica, como la trayectoria del vehículo, velocidad, giro, y la partida, requiere desarrollar un modelo de red que utiliza la información relacional y muestra al usuario los tiempos de llegada a su destino utilizando la ruta más corta y próxima a llegar al paradero. (p.12)

Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

En este trabajo, se investigó el problema de concordancia de la parada de bus y su ubicación en un sistema digital de localización geográfica. Entre estos están: (1) la representación aproximada en los mapas; (2) los datos de localización inexactos de las trayectorias de las rutas y las paradas; (3) la compleja geometría; y (4) la falta de información dinámico del bus, como la trayectoria del vehículo, velocidad, giro, y la partida.

Se desarrolla un modelo de red que permite calcular el camino más corto. Se discuten ciertos enfoques para examinar los posibles desajustes por el modelo de trayectoria más corta, incluyendo la comprobación manual, la exploración de la superposición de las rutas de autobuses, para calcular tiempos de llegada y el estado actual del tránsito.

Los estudios de casos realizados demostraron que la exactitud de la localización del paradero y los tiempos de servicio de las rutas mejora significativamente. La tasa promedio de éxito es 98,42%, contra 87,00% coincidencia, al utilizar el método "point-to-curve". La precisión de la información suministrada por este método tiene un bajo margen de error, de aproximadamente unos 5 metros.

4.1.2 Investigación: Bus stop-skipping scheme with random travel time

LIU ZHIYUAN (2012) Afirma que:

Cuando un bus llega presenta demoras en la llegada a un paradero, es posible diseñar un esquema de saltos de las paradas, permitiendo que el vehículo para omita una o más paradas para reducir su tiempo de viaje. Este esquema es llamado por el autor “deadheading”, lo que permite al bus saltar paradas entre el punto de localización del bus y una parada designada. A nivel de planificación, los planes operativos óptimos para este sistema deben ser abordados teniendo en cuenta los beneficios de la empresa de transportadora, así como los pasajeros. Esta metodología tiene como propósito reducir al mínimo el tiempo total de espera de los usuarios, el tiempo total de viaje en el vehículo y el coste operativo total. (p.1)

Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

Si un bus ha omitido cualquier parada en el trayecto de su ruta, entonces a otros buses con la misma ruta o con destino cercano, no se le permite saltar cualquier parada. Como ejemplo se consideró utilizar tres buses cuyas rutas tienen una parada en común, en donde sólo se le permitió al segundo vehículo saltarse una parada. Como resultado se obtuvo un mejor índice de servicio en el paradero, disminución de los tiempos de recorrido, disminución en tiempos de permanencia y longitudes de cola.

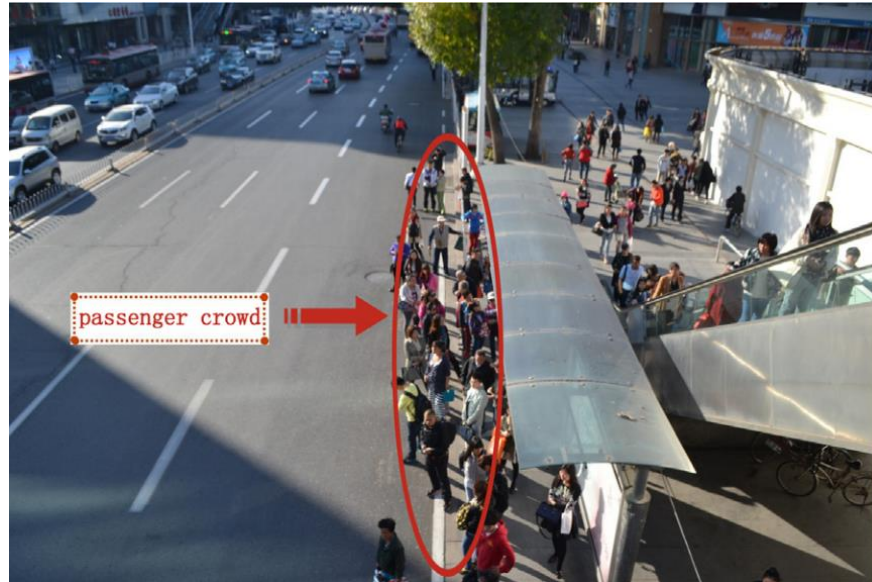
Se necesitan esfuerzos futuros para probar aún más el esquema de saltos de parada junto con otras estrategias para el control de la operación del bus.

4.1.3 Investigación: Bus service time estimation model for a curbside bus stop.

BOMIN BIAN (2014) Afirma que:

El tiempo de servicio de los buses en las zonas de parada de bus ocupa una gran proporción del tiempo de viaje. Las paradas de bus en los andenes son muy comunes en los sistemas de transporte urbano, y la aparición de colas de buses en el área de entrada y salida de los paraderos es bastante frecuente. Para estimar el tiempo de servicio en una parada de bus en la acera, se propone un modelo de estimación de Poisson en el tiempo de servicio compuesto modelo básico y compuesto por Poisson modelo de tiempo de servicio (CPSTM). El CPSTM considera las interacciones entre los buses que llegan y el número de ascensos y descensos de pasajeros. Este modelo presenta cuatro escenarios diferentes para estimar el tiempo total de servicio esperado. (p. 1)

Figura 4. Usuarios sin ningún orden en las zonas de espera



Fuente: Bian, 2014 y edición Propia

Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

El CPSTM puede ser visto como un modelo que ofrece una estimación efectiva, que facilita el mejoramiento de un sistema de transporte en el desempeño de la parada de autobús y puede ser conectada a otras aplicaciones de modelado de tránsito. Este modelo considera sólo los números de embarque y los pasajeros bajarse y el tiempo muerto.

$$T = C + \max \left\{ \sum_{h=1}^m a_h, \sum_{q=1}^n b_q \right\}$$

Dónde:

T: es el tiempo de permanencia de autobús en la zona de parada

a_h : es el tiempo consumido de cada pasajero h en el embarque;

b_q : es el tiempo consumido de cada pasajero q para bajar del vehículo;

m: número de ascensos de pasajeros;

n: número de descensos de pasajeros;

C: es el tiempo muerto para abrir y cerrar puertas.

Por lo general, hay dos tipos de retardo de tiempo que pueden ocurrir en una parada de autobús en la acera. En el primero, el bus puede entrar en el área de servicio sólo si hay espacio suficiente, de lo contrario, el bus debe esperar. El tiempo de espera en el punto de entrada es el primer tiempo de retardo.

4.1.4 Investigación: Mitigating negative impacts of near-side bus stops on cars.

WEIHUA GU (2014) Afirma que:

Los paraderos a menudo se localizan a cortas distancias de las intersecciones señalizadas. Los buses que realizan las paradas pueden impedir que los vehículos se represen en una intersección en tiempos de verde. Cuanto menor sea la distancia entre una parada y su intersección, mayor puede ser el problema.

La citada investigación formula un modelo para abordar este problema, mediante la teoría de la onda cinemática. Este modelo se puede utilizar para determinar dónde localizar un paradero, determinando las colas que puede estos generar. Los análisis presentados indican que, con este esquema de retención de buses, es posible reducir significativamente los retrasos y colas de automóviles. (p. 1)

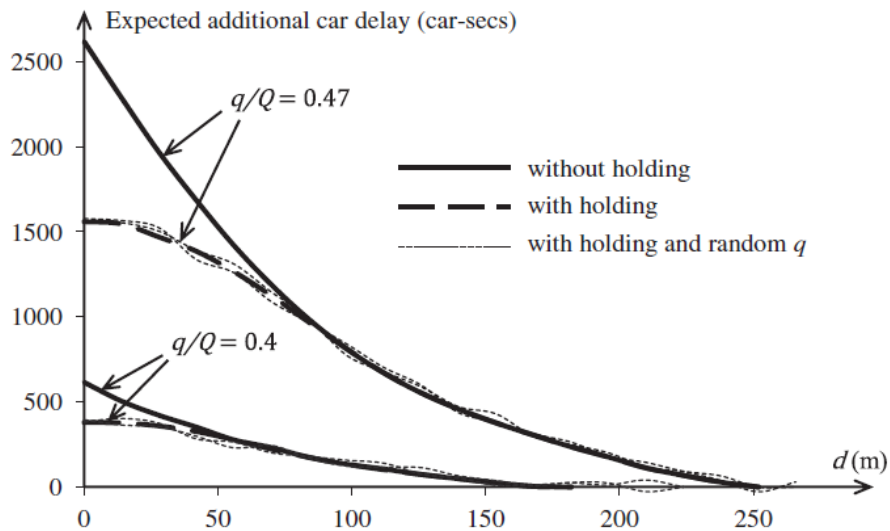
Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

Se podría optar por eliminar los retrasos del coche por completo mediante la localización de un paradero después de una intersección. La elección de la ubicación de un paradero implica un equilibrio entre limitar el daño al tráfico vehicular y mantener la accesibilidad a los usuarios del bus que llegan al paradero caminado, siendo para el usuario más cómodo sin se localiza un paradero más cerca a la intersección.

La estrategia de manejo del tráfico se basa en mantener una demanda vehicular fija, q . Como cuestión práctica, la q que se utilizará al elegir una ubicación de parada adecuada y / o al evaluar los beneficios de la retención de autobuses podría ser la

tasa máxima observada durante una carrera. Después de todo, esto es cuando un autobús de la vivienda causará el mayor daño a los automóviles. Además, las fluctuaciones aleatorias en el flujo de automóviles tienden a ser más pequeñas durante la carrera. Las simulaciones han verificado que nuestras estrategias son robustas a niveles moderados de aleatoriedad en q (ver de nuevo la Fig. 10). Los efectos de las fluctuaciones aleatorias se explorarán más a fondo en el trabajo futuro. También planeamos explorar casos en los que los autos lleguen en forma discontinua debido a la presencia de una intersección señalizada cercana aguas arriba.

Figura 5. Niveles de aleatoriedad



Fuente: Weihua Gu, 2012

Finalmente, las estrategias propuestas aquí son adecuadas para casos en los que $q < Q_B$. Con modificaciones modestas, nuestros métodos pueden aplicarse al caso menos común de $q > Q_B$. En este último caso, un autobús de vivienda impedirá que los autos incluso antes de la cola de la

El análisis preliminar muestra que, como resultado, pueden surgir colas de autos residuales incluso cuando $d > d_{max}$, lo que significa que se pueden violar las condiciones de primera y segunda mejores condiciones para cualquier elección de d . Por lo tanto, la retención de autobuses u otras estrategias para mitigar la congestión de automóviles se vuelven especialmente importantes cuando $q > Q_B$, y esto también tenemos la intención de explorar en el trabajo futuro.

4.1.5 Investigación: Bus stop and bus terminal capacity.

AL-MUDHAFFAR (2016) Afirma que:

La capacidad de las paradas de autobús con zonas de carga individuales y dobles es importante para la accesibilidad y fiabilidad del transporte público. La falta de capacidad de la zona de carga aumenta el tiempo de viaje para los buses. Con el fin de comprender y evaluar la capacidad de las terminales de autobuses, el punto de partida es la capacidad de la zona de carga para la cual no existe actualmente ninguna metodología sueca aprobado. Un modelo de la capacidad basado en bus tiempo de permanencia descrito por "Highway Capacity Manual 2000" (por lo tanto TRB, 2000) se ha utilizado como punto de partida. El modelo incluye el tiempo de permanencia medio y el coeficiente de variación, el tiempo de eliminación, el efecto de las señales de tráfico en frente de la parada de autobús, y la probabilidad de formación de cola del autobús detrás de la parada de autobús. (p. 2)

Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

Se podría adoptar la modelación de capacidad de los paraderos actuales por medio de la HCM2000 y "Guía de diseño geométrico de las instalaciones de tránsito en carreteras y calles, Capítulo5 Off-Line instalaciones de tránsito" (AASHTO, 2010) con el fin de describir un modelo de capacidad sobre la base de tiempo de espera de los usuarios del sistema SITP en cada uno de los tipos de paraderos clasificados por nosotros según las características operacionales de los mismo.

4.1.6 Investigación: Information on public transport: a comparison between information systems at bus stops

TAVARESA, GÁLVEZB (2015) Afirma que:

En las paradas de autobús, es común encontrar pantallas de información o placas. Estos paneles contienen información clave para que el usuario puede ser guiado dentro de la ciudad y se mueven de forma independiente, rápida y eficiente. Esta información debe dar al usuario las condiciones necesarias para que él va a entender cómo proceder para avanzar más rápidamente, lo que facilita la orientación y la movilidad de los usuarios... si una parada de autobús está bien distribuida y permita a los usuarios para obtener la información necesaria para su viaje, que sin duda ha conseguido su objetivo principal: la movilidad urbana y el uso del espacio urbano. (p. 2)

Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

Es importante tener en cuenta que la información de las rutas de manera clara, fiable, concreta, coherente y comprensible para todo tipo de usuario, de manera que sin importar el tipo de usuario ya sean locales o turistas que logren entender rápidamente el funcionamiento del sistema. Así, se generarán menores tiempos de espera en los paraderos por parte de los usuarios del SITP.

4.1.7 Investigación: Optimizing bus stop spacing in urban areas

IBEAS, DELL'OLIO (2010) Afirma que_

Un modelo de optimización de dos niveles para la localización de paradas de autobús para minimizar el coste social del sistema general de transporte. El trabajo toma en cuenta los posibles cambios en la demanda debido a las diferentes ubicaciones de las paradas de autobús, se están considerando la congestión en los autobuses, la interacción con el tráfico privado c, las variables operacionales (flota, frecuencia, los presupuestos de operador), y las características socio-demográficas de cada zona en el área urbana. Por último, la técnica se aplica a un caso real y se realiza un análisis de sensibilidad para comprobar cómo las diferentes variables analizadas influir en la solución proporcionada por el modelo. (p. 1)

Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

La ubicación de los paraderos de SITP en las diferentes zonas de la ciudad de Bogotá, puede influir en la demanda de usuarios del sistema en los paraderos, y según la investigación el análisis de sensibilidad realizado mostró la influencia del número y la correcta ubicación de las paradas de autobús en la elección modal de los viajeros, así como la repercusión sobre la congestión y, a su vez, del tamaño de flota necesaria para prestar el servicio. De esta manera es posible determinar si para nuestra investigación la influencia de un distanciamiento homogéneo entre los paraderos en características de diseño y capacidad requerida.

4.1.8 DOCUMENTO: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte

Alcaldía Mayor de Bogotá (2005) Menciona que:

Existen otros factores relacionados con el entorno, los cuales afectan la experiencia de caminar y la percepción del nivel de servicio, como el confort, la comodidad, la seguridad (tanto en seguridad ciudadana como vial) y la

economía. Entre los factores de confort se encuentran la protección del tiempo, el clima, refugios del tránsito, paraderos, entre otros. Los factores de comodidad incluyen las distancias de caminata, el trazado, pendientes, rampas en andenes, señalización y, en general, los factores que hacen del caminar una actividad fácil y descomplicada. (Tomo III, p.27)

Conclusiones del documento y aportes al proyecto:

La importancia de que los paraderos sean un refugio para los usuarios del Sistema Integrado de transporte, que se pueda brindar protección a la mayor parte de los usuarios de las inclemencias del clima, que tenga una iluminación y señalización de fácil comprensión para cualquier tipo de usuario e interactiva, de tal manera que genere que los usuarios puedan percibir menores de tiempos de espera y seguridad.

4.1.9 LIBRO: Transporte público: planeación, diseño, operación y administración

MOLINERO A. (2011) Afirma que:

El tamaño y capacidad de un paradero, así como su esquema de operación interna están en función de los volúmenes, de la forma de llegada y de los patrones de demanda de los usuarios. Por otra parte, los volúmenes de unidades, así como sus prácticas de operación entre las que destaca la forma de cobro, la frecuencia del servicio y los tiempos de terminal presentan una influencia que debe ser considerada.

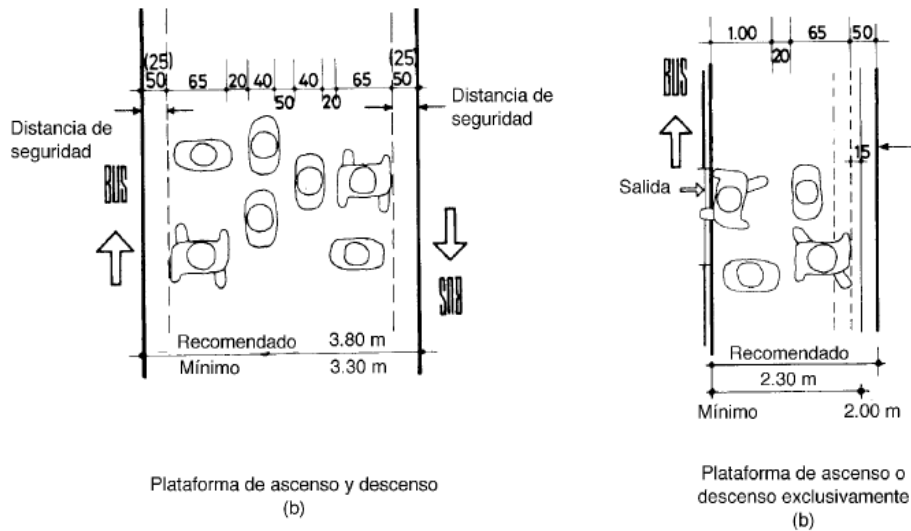
Conclusiones de la investigación y aportes al proyecto:

El tamaño de un paradero debe estar en función del volumen de usuarios, de manera que el espacio destinado para estos sea suficiente para albergar a todos los que deseen hacer uso del sistema.

Para el cálculo del área disponible del paradero se debe prestar importancia a las obstrucciones como columnas, cobertizos y mobiliario que hacen parte del mismo.

El dimensionamiento de los usuarios y las distancias de seguridad entre la orilla de la plataforma y el límite de la franja de seguridad del paradero, son importantes para determinar las distancias adecuadas para el dimensionamiento de los paraderos y de los usuarios en estos:

Figura 6. Dimensionamiento de plataforma o andenes



Fuente: ver [12]

4.2 MARCO CONTEXTUAL, INSTITUCIONAL

De acuerdo con el departamento de investigaciones de la Universidad Santo Tomas en sus líneas de investigación en Infraestructura Vial, el principal objetivo es desarrollar proyectos, problemas u objetos de investigación relevantes que contribuyan a la generación de un nuevo conocimiento y su apropiación social, el desarrollo tecnológico e innovación, acorde a las necesidades del país.

La Modelación y Simulación de Problemas Complejos y Minería de datos en Ingeniería, es la línea de investigación adoptada para el presente proyecto y suministrada por la universidad Santo Tomas, la cual se enfoca en:

- Abordar el estudio de problemas complejos de ingeniería a partir de la confección de modelos.
- Validar la aplicabilidad de modelos existentes y las posibles variaciones de propuestas previas.
- Diseñar y desarrollar estrategias y herramientas para la captura y manejo de la información datos orientada hacia el control, operación óptima y soporte a la decisión en un sistema de Infraestructura mediante la aplicación de técnicas de Minería de Datos.

- Desarrollar modelos matemáticos y software.
- Desarrollar modelos físicos o estudio de casos que puedan considerarse modelos a escala real desde el punto de vista del modelado.

Unas de las necesidades de la ciudad y del país en general, es mejorar las condiciones del tránsito peatonal y de transporte público en zonas urbanas, y una de las causales de la congestión, tiempo de espera de los usuarios, el desorden de en los paraderos, es causa de la definición de paraderos adecuados para el tipo de vía, de la demanda, de la oferta y de la infraestructura vial. De esta manera nuestro principal objetivo, darle viabilidad una la metodología para la determinación de paraderos tipo, en las zonas de espera del SITP, basados en el análisis de la demanda de usuarios.

4.3 MARCO LEGAL O NORMATIVO

- Decreto 603 de 2007, Por el cual se actualiza la "Cartilla de Mobiliario Urbano de Bogotá D.C.", adoptada mediante Decreto Distrital 170 de 1999, y se dictan otras disposiciones. La cual establece en el capítulo A Los diseños constructivos de los elementos y mobiliario de los paraderos y en el capítulo B se determinan las recomendaciones de ubicación de los paraderos.
- Norma técnica colombiana NTC 5351. "Accesibilidad de las personas al medio físico. Paraderos accesibles para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros" en la que se establecen los requisitos generales de accesibilidad que se deben cumplir en cada uno de los tipos de paraderos para transporte público.
- Resolución 264 de 2015 Por la cual se fijan las condiciones técnicas y de accesibilidad para los paraderos de transporte público en el marco del Sistema Integrado de Transporte Público SITP y los criterios y procedimientos para la ubicación de paraderos en el área urbana del Distrito capital, expedida por la Secretaría Distrital de Movilidad – SDM, o la norma que la modifique, adicione o sustituya
- Código de Tránsito de Colombia, en su título III – Normas de comportamiento y en el artículo 91, establece que "Todo conductor de servicio público o particular debe recoger o dejar pasajeros en los sitios permitidos y al costado derecho de la vía, salvo en paraderos especiales de vías troncales que sean diseñadas y operadas con destinación exclusiva al transporte público masivo".
- Resolución No. 303 del 2016, Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución 264 de 2015 y se dictan otras disposiciones. Que establece en

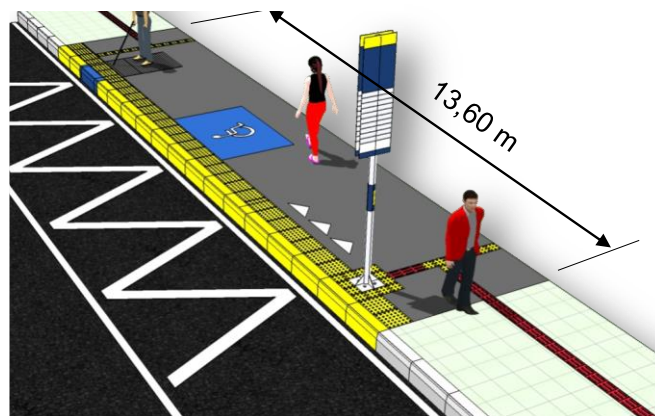
el anexo técnico los elementos de los paraderos zonales del SITP, los paraderos multimodulares y criterios generales de ubicación de paraderos de SITP.

4.3.1 Zonas duras accesibles

En el diseño e instalación de paraderos del SITP se deberá tener en cuenta lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 5351. “Accesibilidad de las personas al medio físico. Paraderos accesibles para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros” en la que se establecen los requisitos generales de accesibilidad que deben cumplir los diferentes tipos de paraderos para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros.

Se tendrán en consideración las siguientes recomendaciones para el diseño y construcción de cada zona dura accesible, aunque el resultado final corresponderá al análisis en sitio de las características específicas del entorno del paradero:

Figura 7. Paraderos sin módulo M10



Fuente: Transmilenio S.A., (2017)

- Se dispondrá de una superficie firme y estable con una longitud mínima 12 metros.
- Paralelo al bordillo del sardinel (con pintura color amarillo) se deberá incorporar una loseta de pavimento táctil (Alerta Tipo A50 y A55).

- En los extremos de la zona dura y perpendicular al bordillo del sardinel pintado con color amarillo se implementará una loseta de pavimento táctil (Alerta Tipo A50 y A55).

Figura 8. Zona de espera usuarios



Fuente: Transmilenio S.A., (2017)

- La pendiente transversal máxima de estas zonas duras será del 2%.
- Se deberá garantizar la conectividad de la zona dura con el entorno, es decir que exista conexión a calles y aceras adyacentes desde la zona dura del paradero, se deberá contar con un sistema de rampas (rampa origen – rampa destino), dichas rampas tendrán un ancho mínimo de 1.50 metros y pendiente longitudinal máxima del 6%.

4.3.2 Criterios generales de ubicación de paraderos del SITP – Resolución 303 de 2016, Secretaria de Movilidad.

4.3.2.1 Relacionados con la cobertura del servicio:

- La interdistancia promedio entre paraderos consecutivos debe estar entre 300 y 400 metros.
- Para zonas de alta pendiente se debe reducir las distancias entre paraderos establecidas anteriormente para mejorar el desplazamiento y accesibilidad al paradero.

4.3.2.2 Relacionados con la operación de los corredores:

- No se deberán enfrentar paraderos en vías de una calzada, con dos carriles y doble sentido de circulación, incluso si están ubicados en bahías vehiculares.
- No se deben instalar paraderos del SITP sobre orejas de puentes ni sobre conectantes vehiculares.

4.3.2.3 Relacionados con la infraestructura y la geometría vial:

- Los paraderos ubicados antes o después de un puente vehicular, no deben obstaculizar las conectantes en las intersecciones.
- Se debe garantizar la visibilidad del paradero tanto para los conductores como para los usuarios de este.
- Los paraderos ubicados antes de una intersección semaforizada deben estar a 30 metros de esta y para el caso de paraderos después de la intersección a 40 metros de la misma. En cualquier caso, no se recomienda ubicar paraderos a menos de 30 metros de la intersección semaforizada.⁹
- En cruces no semaforizados, los paraderos del SITP deben ubicarse preferiblemente a una distancia de mínimo 15 metros de la intersección¹⁰, dependiendo de la valoración específica de cada sitio.
- Se debe evitar ubicar paraderos frente a intersecciones en T.

4.4 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Los paraderos son los lugares de encuentro entre los usuarios y el sistema de transporte, en el caso de la ciudad de Bogotá, entre los pasajeros y el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), y físicamente se pueden identificar por:

- Tener una ubicación determinada
- Se encuentran sobre andenes o aceras públicas
- Contienen un elemento urbano que los identifica

Su objetivo es permitir el acceso y salida de los buses, para el óptimo funcionamiento del flujo de transporte público.

Los paraderos comienzan por John Greenwood en 1824 aproximadamente cuando se inventó el autobús (bus en inglés) en Londres, Inglaterra. Luego de varios años se usó experimentalmente para después llegar a Estados Unidos de Norteamérica en 1920. Pero fue en 1930 donde comenzó a pasar a estar a nivel global. [9]

La historia del transporte público en Bogotá ha estado marcada por periodos en los que la forma de movilización se ha transformado poco a poco. Cuestiones como la congestión vehicular, el aumento en el número de población y la corrupción en los sistemas son factores que han sido la preocupación principal de las administraciones locales respecto al tema del transporte para los bogotanos [10].

Figura 9. Primeros paraderos en la ciudad de Bogotá



Fuente: <https://plazacapital.co/webs/produccion5/Transporte-publicobogota/historia/Transporte.html>

En la anterior imagen se observan los primeros paraderos instalados para el sistema de transporte público de los 80's, identificadas por medio de letras. Siendo en esta época el único lugar donde podían parar los buses para el acceso y salida de pasajeros. En este momento el desplazamiento de las personas estaba en función de los modos de transporte [10].

Con la llegada del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) también llegó la implantación de un nuevo sistema de buses, que involucra el mismo uso de tarjetas en forma de dinero, paradas específicas y horarios establecidos como Transmilenio. Sin embargo, estos buses transitan por las vías normales con otros carros.

El SITP se puso en marcha en el año 2006 y se denomina integrado porque involucra el transporte urbano, especial, complementario, troncal y alimentador. En este todos los buses son de color azul y se distribuye por zonas de la ciudad de la siguiente manera.

Figura 10. Zonas de SITP en Bogotá



Fuente: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/Mapas

La idea con el SITP fue lentamente sacar los buses viejos y renovar el sistema con características del Transmilenio como paradas específicas para evitar la congestión vial y tarjetas a cambio de dinero para pagar el pasaje. Sin embargo, este no ha tenido tanto éxito ya que ha recibido duras críticas por parte de los ciudadanos sobre los conductores, la dificultad para comprender cómo funcionan las rutas y la calidad de los buses [10].

La National Association of City Transportation Officials (NACTO) de Estados Unidos, establece en su artículo “3 prototipos de paraderos de buses que favorecen la movilidad sustentable” los siguientes tipos de paradero:

- Parada en la vereda: Son los más comunes debido a su bajo costo económico y rápida implementación.
- Embarques laterales en corredores centrales: Es una medida que le da identidad al servicio y que entre sus ventajas funcionales es posible mencionar que le ofrece mayor seguridad a los pasajeros, favorece la frecuencia de los

buses al reducir la probabilidad que ingresen otros tipos de vehículos y otorga un orden visual.

- Paraderos en calles terminales: En las calles denominadas terminales que pueden ser aquellas cercanas a estaciones intermodales o en donde parte o termina el recorrido de un bus, es común que presenten aglomeraciones de pasajeros en las veredas y que los buses no transiten con una frecuencia fija.

La alta congestión en el sistema de transporte urbano, han generado gran desplazamiento de los usuarios de transporte privado a transporte público, a fin de disminuir los tiempos de viaje hacia sus destinos. Por tal motivo el tiempo que tarda un bus de un punto a otro es clave, y este se ve afectado muchas veces por demoras en los paraderos intermedios. Esto tiene dos componentes principales: el vehículo funcionando el tiempo y el tiempo de servicio en las paradas de autobús (Levinson, 1983; Rajbhandari et al., 2003).

Las paradas de autobús son un importante punto de acceso al sistema de transporte y el tiempo de servicio representa una proporción significativa del total de tiempo de viaje de autobús en carretera (Lin y Wilson, 1992; Lin y Bertini, 2010). Esto es bastante común en cualquier Bogotá por un gran número de líneas de rutas que convergen en una sola parada de autobús. Particularmente en áreas de alta demanda, paradas de SITP en la acera son frecuentes, a pesar del espacio vial limitado. Además, debido a las variaciones en el tiempo de viaje en carretera y la dificultad de controlar un avance programado, el fenómeno de las colas es un lugar común y, a menudo retrasa el tiempo de servicio en una parada de autobús.

La estimación del tiempo de servicio podría ayudar en la estimación y predicción del tiempo de viaje de autobús (Furth y Muller, 2007), Y las previsiones de llegada y de salida de los sistemas de transporte inteligentes podrían ser más preciso, si el tiempo de servicio en las paradas de autobús se modela (Shalaby y Farhan, 2004; Yu et al., 2011). Estimación del tiempo de servicio son vitales para las operaciones diarias, tales como la programación de bus (Petersen et al, 2012.; Ceder, 2011) Y Headway control (Sol y Hickman, 2008; Delgado et al., 2012).

En general, existen cinco principales razones para el fenómeno cola en las zonas de parada de autobús.

- Los pasajeros esperando en las zonas de parada de autobús normalmente formar una multitud desordenada, lo que aumenta el retardo, como se muestra en. Esta parte del tiempo de servicio es el embarque de los pasajeros y el tiempo de bajar del vehículo.
- Numerosas líneas de bus pueden operar a través de una zona de parada solo bus, así, es inevitable que una multitud de buses entren en el área de parada de autobús de forma simultánea.

- El número de literas de servicio de la parada de autobús en la acera es limitado. Así las cosas, una sola parada de autobús no puede acomodar simultáneamente múltiples buses.
- Progreso en variaciones irregulares aumentan la posibilidad de agrupamiento.
- Condiciones de tránsito complicado (Meng y Qu 2013)

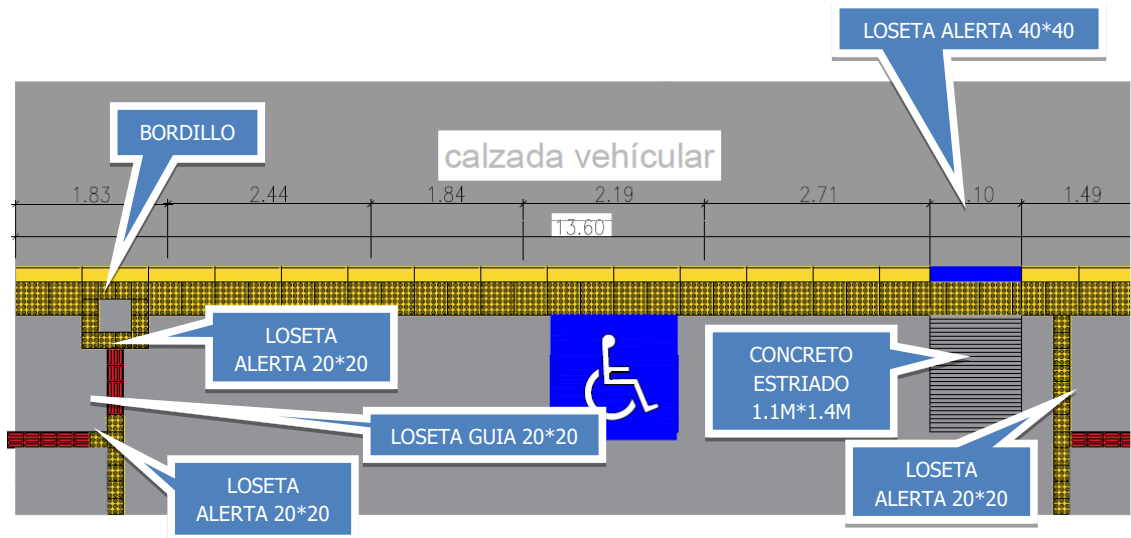
Además, un paradero para que tenga un funcionamiento eficiente, debe:

- Ser un refugio para las condiciones climáticas externas
- De baja mantenimiento
- Cuenten con lugares para sentirse cómodos e higiénicos.
- Con adecuada ventilación e iluminación
- Tener una información adecuada para los usuarios con señalización visible.
- Seguros
- Fácil acceso para buses y usuarios, teniendo en cuenta las condiciones para personas con movilidad reducida (PMR)

4.4.1 Elementos del paradero

El paradero tendrá las siguientes dimensiones: 13.60 m de longitud máxima, el ancho del andén deberá garantizar la instalación paralela a la vía de: 20 cm de franja de bordillo, 40 cm de franja alerta y 1.90 m del módulo M10, hasta aquí un ancho mínimo de 2.50 m, y deberá extenderse hasta el paramento del antejardín con un ancho máximo entre 1.8 m y 2 m. Se revisarán en conjunto los casos particulares de andenes con un ancho total mayor a los indicados con el fin de garantizar la intervención del ancho de la franja de circulación peatonal existente.

Figura 11. Paradero simple de 13.50 m de longitud

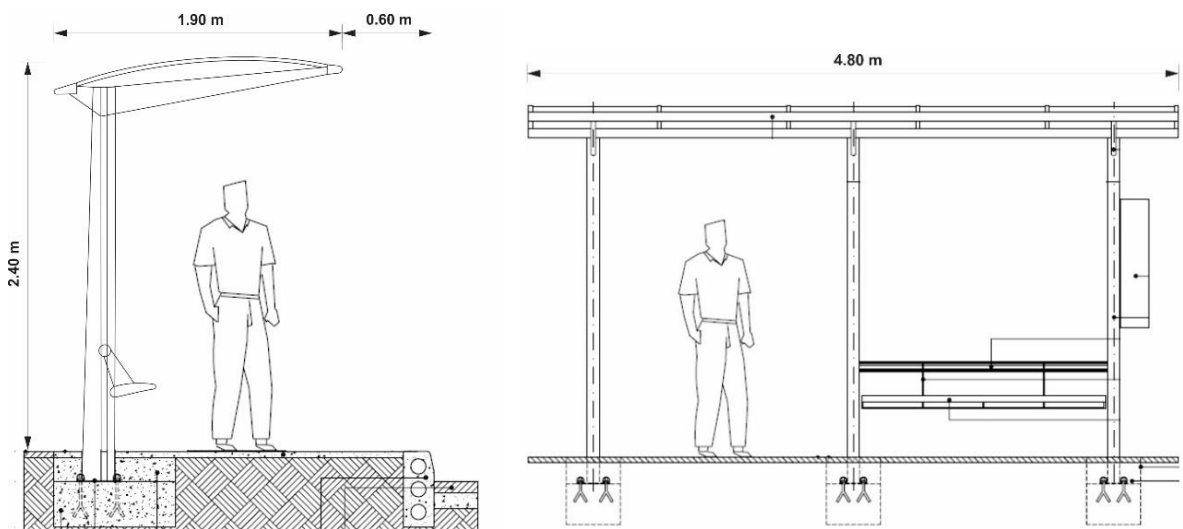


Fuente: Transmilenio S.A

Mobiliario Urbano M-10

Es un elemento que demarca y señala los sitios de parada del transporte público protegiendo al usuario de la lluvia y el sol. Este elemento modular y de fácil mantenimiento, este compuesto por una estructura principal de acero inoxidable y una cubierta translúcida en policarbonato.

Figura 12. Dimensiones de Paradero Tipo M10



Fuente: Alcaldía Distrital de Bogotá, Cartilla de Mobiliario Urbano (2007)

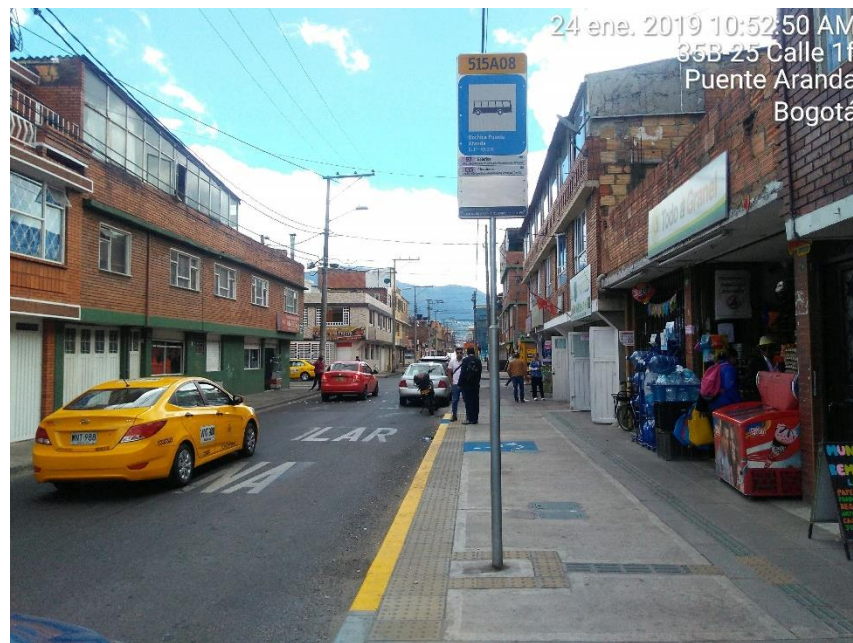
Los puntos de parada ubicados sobre corredores de malla vial arterial e intermedia con alta y media demanda, contarán con mobiliario urbano M-10 y Panel de Información M -11 siempre y cuando se cumpla con la normatividad vigente relacionada, especialmente lo dispuesto en la Cartilla de Mobiliario Urbano, “Decreto Distrital 603 de 2007” o las normas que lo modifiquen o sustituyan.

Señal Bandera

La señal del paradero es un elemento pre ensamblado y cimentado en sitio, orienta al operador sobre el lugar donde debe detener el bus y a los usuarios un sitio seguro para esperarlo, contiene información como: tipo de módulo, nombre del paradero, dirección y rutas que atiende, también tiene la misma información en braille para personas con discapacidad visual.

Las señales de los paraderos son administradas por el Departamento Administrativo para la Defensoría del Espacio Público – DADEP.

Figura 13. Señal bandera del SITP



Fuente: Archivo fotográfico propio

- Distancia al borde de la vía: La señal debe estar cimentada por recomendaciones del Taller del espacio público a 60 cm medidos desde el borde externo del bordillo hasta el eje de la misma. Esta distancia garantiza la visibilidad de la información por parte de los usuarios que se encuentran en el paradero y permite al operador identificar el punto de parada autorizado al observar la cenefa ubicada en la parte superior de la señal.
- Altura de la señal: La altura se medirá desde el nivel cero del paradero hasta el borde inferior de la señal, es importante señalar que el SITP cuenta con 5 tipos de señales diferentes y varían según la cantidad de informadores de rutas que tengan. Con el fin de identificar la tipología de la señal, Transmilenio suministrará la información del paradero para cada caso.

Figura 14. Tipología de las señales



Fuente: Transmilenio S.A

Bordillo

Se debe usar bordillos prefabricados de 80 cm de largo tipo A10 según cartilla de andenes con el fin de hacer modulación con las losetas de alerta de 40*40, se deberán hacer pruebas para incorporare el color amarillo al concreto, Transmilenio solicitará muestras del color con el fin de validar su implementación.

Losetas podotáctiles NTC 5610

La disposición de losetas podotáctiles obedece a dos razones, la primera es de seguridad, ya que al implementar la franja de alerta en los paraderos se genera una distancia de seguridad entre el peatón y el borde de la vía, y la segunda razón es que ayuda a las personas con discapacidad visual a ubicarse fácilmente en los paraderos y hacer uso de la información de manera autónoma.

5. METODO DE INVESTIGACION

5.1 TIPO DE INVESTIGACION Y ENFOQUE

De acuerdo con las Disposiciones Generales para la Realización de Trabajos de Grado de la universidad Santo Tomás, para la Maestría en Infraestructura Vial de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás entre las diferentes tipologías de Trabajo de Grado en el literal b se define lo siguiente:

Trabajo de grado de “Estudio de Caso”: Un “estudio de caso” es una investigación empírica que estudia un fenómeno actual dentro de su contexto real. Es de utilidad para dar respuesta a preguntas de la investigación para la que se use.

El presente proyecto de grado, el estudio de caso trata de establecer hipótesis y/o teorías, a partir del estudio, la observación y recolección de datos, así mismo producir nuevos conocimientos que aporten a la operación de la infraestructura del sistema de transporte público de Bogotá.

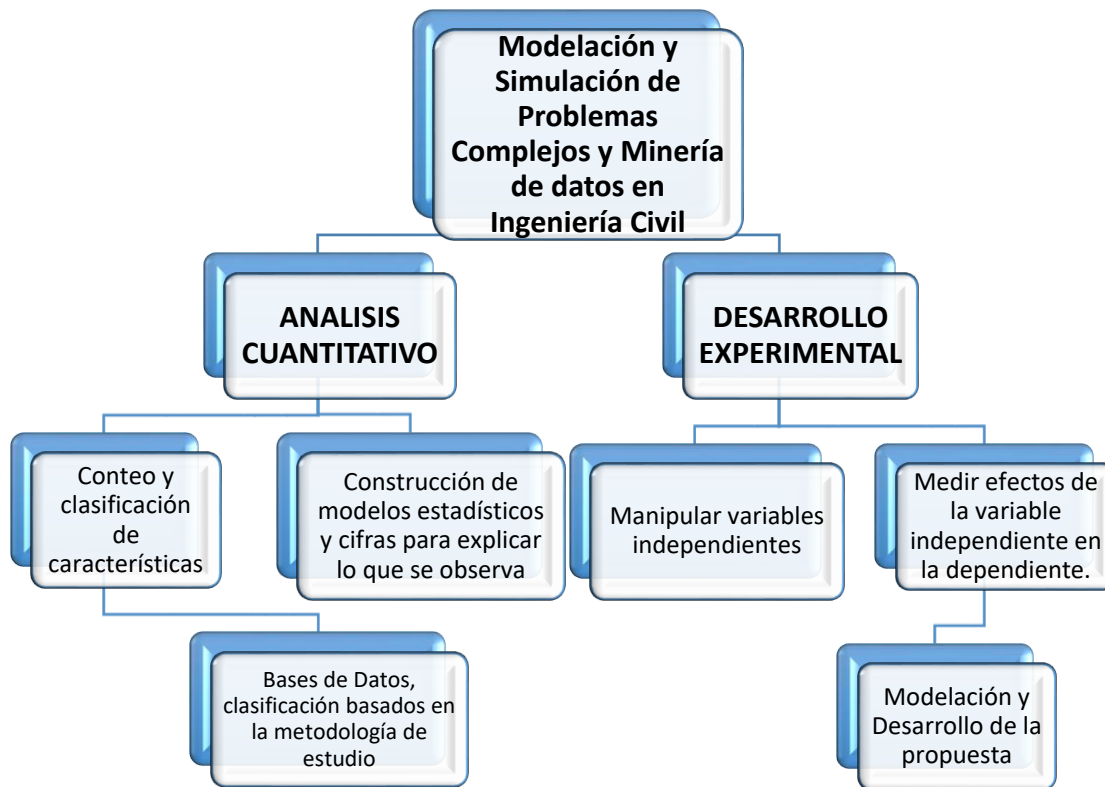
El eje temático en el cual se fundamenta la línea de investigación del proyecto es:

Modelación y Simulación de Problemas Complejos y Minería de datos en Ingeniería Civil:

Diseñar y desarrollar estrategias y herramientas para la captura y manejo de la información datos orientada hacia el control, operación óptima y soporte a la decisión en un sistema de Infraestructura mediante la aplicación de técnicas de Minería de Datos.

De acuerdo con la anterior línea de investigación propuesta por la USTA, se encuentra involucrada la operación de la infraestructura vial para el transporte público, en donde a partir de la información primaria y secundaria recopilada (demanda de usuarios en paraderos, características y dimensiones de la infraestructura física), que apoyada en un análisis estadístico y de las condiciones ideales del servicio de los paraderos del SITP, se pretende determinar los paraderos tipo de acuerdo a las características operacionales de las zonas de espera de usuarios del SITP en la ciudad de Bogotá.

Figura 15. Tipo de investigación



Fuente: Elaboración propia

5.2 DISEÑO METODOLOGICO

5.2.1 Análisis del Comportamiento Zonas de Espera.

Para desarrollar el análisis del comportamiento de las zonas de espera en los paraderos con alta y media demanda en diversas configuraciones del espacio público, se deberá iniciar por identificar los tipos de corredores viales en que se encuentra operando los paraderos, basados en las categorías viales expuestas en el POT.

Seguidamente realizar el análisis del comportamiento de la demanda de usuarios del SITP en su componente zonal, en el último año de servicio, complementando la información con el comportamiento anual de la demanda en la hora pico y el perfil horario en un día típico, que nos permita contextualizar en cifras la demanda de usuarios a la que se enfrenta el sistema de paraderos de la ciudad.

Luego de contextualizar la demanda de usuarios actual del SITP, se procede a determinar el comportamiento de la demanda usuarios específicamente en las zonas de espera de los paraderos, para una muestra seleccionada de paraderos (ver 5.3). Este análisis de debe permitir definir el volumen de usuarios que debe presentar una zona de espera para considerarla de alta, media o baja demanda, a través de un método estadístico descriptivo.

5.2.2 Metodología de Selección de Paraderos Tipo.

Para el desarrollo de la metodología de selección de paraderos tipo, se requiere definir como se encuentra actualmente configurado los paraderos en sus zonas de espera de acuerdo con el tipo de mobiliario (módulo M10, Totem, señal bandera), en donde se definan las dimensiones de la zona de espera y el ancho de andén en donde pueden ser implementados este mobiliario.

Seguidamente se deberá iniciar la caracterización del espacio público con respecto al ancho de andén disponible para el peatón y el usuario del SITP en cada uno de los paraderos de la muestra (ver 5.3) clasificándolos por el tipo de corredor vial donde se encuentran localizados, y de esta manera determinar si existe alguna tendencia del ancho de andén frente al tipo de corredor vial.

Tabla 2. Ejemplo cuadro ancho de andén vs tipo de corredor vial

ANCHO DE ANDEN (m)	TIPO DE CORREDOR VIAL		
	PRINCIPAL	COLECTOR	LOCAL
0.00 - 2.00			
2.10 – 3.50			
3.60 – 5.00			
>5.10			

Fuente: Elaboración propia

Los rangos de los anchos de andén serán determinados de acuerdo con el tipo de mobiliario que puede ser implementado, con su respectiva frecuencia en cada tipología de corredor vial.

Luego de caracterizar el espacio público, se procederá a caracterizar la demanda frente al ancho de andén, definiendo la cantidad de usuarios que están presentes en una zona de espera durante la hora de máxima demanda en el cuarto de hora más cargado, para los diferentes niveles de demanda e intervalos del ancho de andén, por lo que se hace necesario sustraer dichas cantidades de la información suministrada por Transmilenio S.A. a través de las validaciones (ascensos) registradas por los operadores del SITP en cada uno de los paraderos seleccionados de la ciudad.

De cada paradero es necesario conocer la siguiente información:

- Número de identificación de los paraderos (Cenefa)
- Dirección de los paraderos
- Tipo de corredor vial en que se encuentra localizada
- La demanda actual en el día hábil
- Máxima ocupación/hora
- Hora pico
- Cuarto de hora más cargado
- Ancho de andén

Una vez recopilada y tabulada la información de la demanda y ancho de andén de cada paradero, se procederá a desarrollar la metodología de cálculo de la capacidad y niveles de servicio para el caso Bogotá, de acuerdo con las dimensiones de las áreas de espera establecidas por la cartilla del espacio público de Bogotá, frente a la cantidad usuarios que puede alojar dicha área de espera.

Figura 16. Área de la zona de espera.



Fuente: Elaboración propia

5.2.2.1 Metodología para el cálculo de capacidad y niveles de servicio de las zonas de espera.

Para determinar la capacidad y los niveles de servicio se utilizará la metodología desarrollada por la HCM (ver 1.3.2) para calcular la densidad de personas que puede alojar una zona de espera en una intersección. Se considera que esta metodología también puede ser usada para calcular la densidad de usuarios en la zona de espera de los paraderos, ya que el comportamiento de los usuarios del SITP en dichas zonas, conservan una posición estática en la espera del servicio de transporte.

Para cada uno de los paraderos objeto de estudio se realizará un diagnóstico de los niveles de servicio de las zonas de espera, que permitirá sustentar el nivel de servicio deseado y admisible en la prestación del servicio de transferencia de usuarios.

Una vez a los resultados obtenidos, de encontrarse paraderos que sobrepasen la capacidad de las zonas de espera, se procederá a proponer estrategias que mitiguen la saturación de usuarios, definiendo de esta manera los paraderos tipo en concordancia a la demanda.

5.2.3 Propuesta operacional zonas de espera y de diseño M10

Con los resultados obtenidos en el análisis del comportamiento de las zonas de espera y la metodología de selección de paraderos tipo, se realizará una propuesta que brinde una solución operativa a los paraderos que presenten una alta saturación de usuarios en sus zonas de espera, la cual permita alcanzar el nivel de servicio deseado.

Los paraderos que presentan limitadas condiciones de la infraestructura peatonal (ancho de andén estrecho), serán valorados teniendo en cuenta los usos del suelo en donde se encuentra localizado, ya que en las zonas en donde los flujos peatonales son altos, las zonas de espera con andén estrecho se ven afectadas, por lo que se hace necesario cambiar la metodología en la calificación de los niveles de servicio.

Finalmente se presentará una propuesta de diseño que establezca las dimensiones necesarias de los módulos M10, para atender el volumen de usuarios que utilizan las zonas de espera.

La propuesta de diseño de los M10 deberá mejorar las condiciones de refugio actuales y permitir resguardar la mayor cantidad usuarios posibles, de sobremanera en aquellos paraderos con alta demanda. Por medio de la evaluación de la tasa de refugio y los niveles de servicio para alta y media demanda.

5.3 SELECCIÓN MUESTRAL

Actualmente la ciudad de Bogotá cuenta con 6980 paraderos en operación, lo cuales se encuentran localizados sobre andenes en diversas configuraciones físicas del espacio público, por lo que son categorizados por Transmilenio S.A., buscando identificar las condiciones de accesibilidad y determinar las necesidades de adecuación de cada uno de ellos, para garantizar un adecuado ascenso y descenso de pasajeros. La descripción de las categorías que se asocian a cada paradero [11] se relaciona a continuación:

Tabla 3. Categorías de los paraderos de acuerdo con las condiciones físicas del espacio público

<p>Categoría 1: Paraderos cuya localización es necesaria para dar cobertura a una zona específica pero que no disponen de infraestructura adecuada. Generalmente no tienen bordillo o están en zona blanda.</p>	
<p>Categoría 2: Paraderos en material mixto (zona de espera en material blando y zona de circulación endurecida o viceversa), de tal manera que limita las dos operaciones que esta infraestructura debe permitir; el ascenso y descenso de pasajeros y la circulación de los peatones.</p>	
<p>Categoría 3: Son paraderos que cuentan con zonas duras, pero éstas no tienen las dimensiones necesarias para las diferentes tipologías de buses del Sistema, de tal modo que sólo pueden realizarse a plenitud las funciones de tránsito y ascenso y descenso de pasajeros en un segmento de la longitud total del paradero.</p>	

Categoría 4: Son paraderos que cuentan con condiciones óptimas de zona dura a lo largo de la totalidad del paradero, por tanto, el ascenso y descenso de pasajeros puede realizarse cómodamente para los buses de cualquier tipología y el tránsito de peatones es fluido.



Categoría 1E: Son paraderos cuya localización es necesaria para dar cobertura a una zona específica pero que no disponen de la infraestructura necesaria para la normal operación de este, no poseen o no tienen bordillo, la zona dura se encuentra notoriamente en mal estado o la altura de la zona dura no es la adecuada.



Categoría 2E: Paraderos en material mixto o con zona dura demasiado estrecha como para permitir el ascenso, descenso y tránsito adecuado de peatones y pasajeros. La categorización como especial se debe a que no es posible intervenir para mejorar la situación o corresponde a procedimientos mayores, por ejemplo, cuando la zona dura es demasiado estrecha transversalmente y por la fachada de las viviendas no es posible su ampliación.



<p>Categoría 3E: Son paraderos que cuentan con zonas duras, pero éstas se encuentran interrumpidas por obstáculos en la longitud del paradero a pesar de que durante la mayor parte de la operación del SITP estos no interrumpen el correcto funcionamiento de la infraestructura, como por ejemplo el acceso a un garaje o un sitio de parqueo.</p>	
<p>Categoría 4E: Son paraderos que cuentan con condiciones óptimas de zona dura a lo largo de la totalidad del paradero, pero ya sea el ascenso y descenso de pasajeros o el tránsito de estos se ve dificultado por alguna condición, como por ejemplo una ciclorruta.</p>	

Fuente: Transmilenio S.A. [11]

De los 6980 paraderos operativos del SITP, 2964 paraderos cuentan con zonas duras accesibles para el usuario del SITP (Categoría 4), por lo que, para efectos del presente estudio, se asume como objeto de análisis los paraderos calificados en categoría 4, ya que estos cuentan con las condiciones óptimas de zona dura, lo cual facilita la interpretación de las condiciones ideales del servicio de paradero.

Los 2964 paraderos en categoría 4 presenta la siguiente distribución de la demanda en las zonas de espera:

Tabla 4. Distribución de la demanda en la muestra seleccionada



En la Tabla 4 se presenta una distribución de la demanda de la muestra seleccionada en la hora pico en el cuarto más cargado, en que todos niveles de demanda (alto, medio y bajo) se encuentran representados con un alto volumen de paraderos que serán objeto estudio, por lo que se considera que la selección de los 2964 paraderos es valida y cumple con requerimientos de infraestructura y demanda de usuarios para el análisis de la información en presente proyecto de grado.

6. APLICACIÓN Y RESULTADOS DEL DISEÑO METODOLOGICO CASO BOGOTA.

6.1 RESULTADOS ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ZONAS DE ESPERA

A continuación, se desarrolla el análisis del comportamiento de las zonas de espera en los paraderos con alta y media demanda para las diversas configuraciones del espacio público de la ciudad de Bogotá, específicamente en los 2964 paraderos en categoría 4 (ver numeral 5.3)

6.1.1 Clasificación vial para el diagnóstico de paraderos.

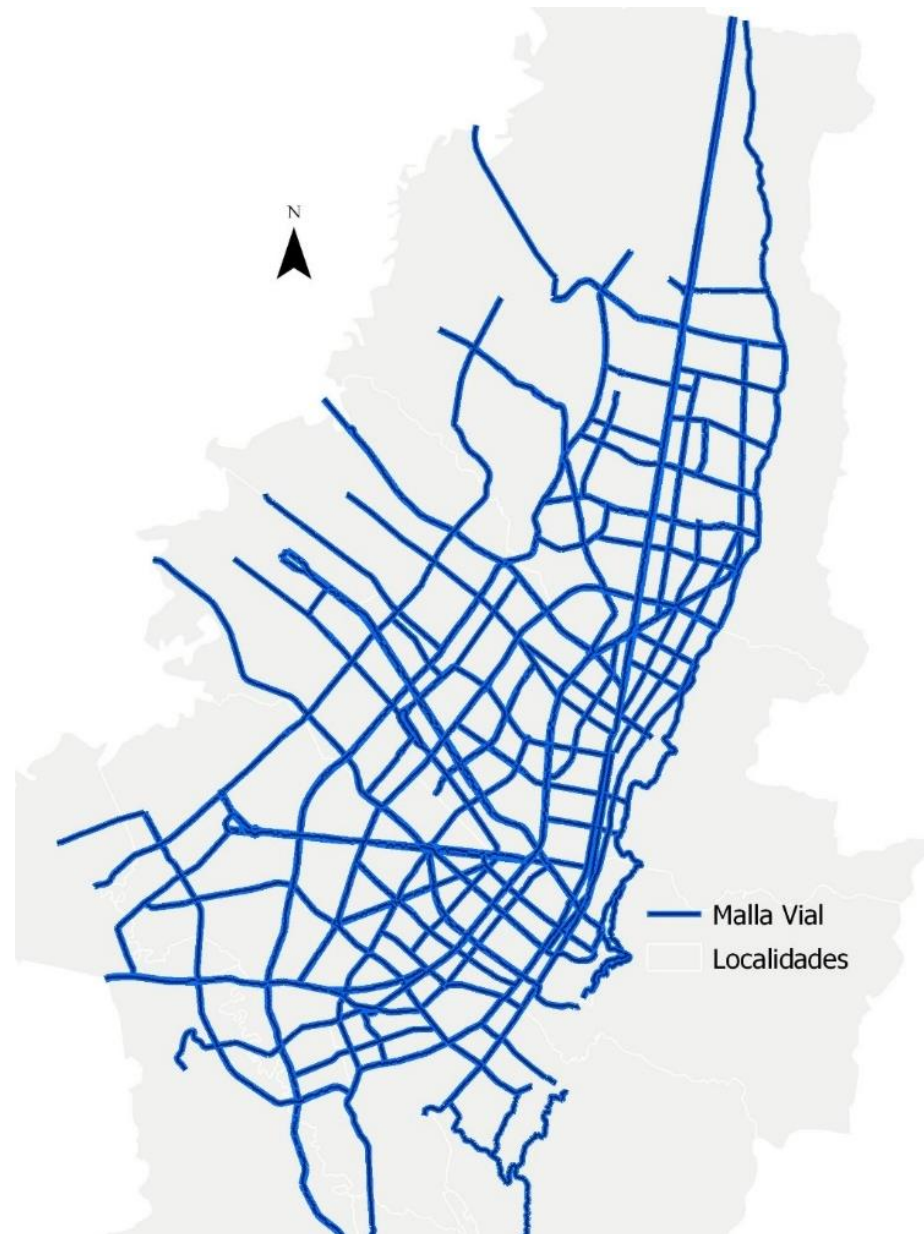
Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) Bogotá, las vías urbanas están clasificadas en cuatro mallas jerarquizadas y relacionadas funcionalmente por las intersecciones generadas entre ellas. Estas son las características técnicas de cada una:

- Malla vial arterial principal: son las vías de mayor jerarquía; actúan como soporte de la movilidad y accesibilidad metropolitana y regional (ver recuadro 6 vías arteriales urbanas). Se clasifican en V-0, V-1
- Malla vial arterial complementaria: son las vías que articulan operacionalmente la malla vial arterial principal, lo que facilita la movilidad de mediana y larga distancia como articulación a escala urbana. Se clasifican en V-2, V-3 (A, B, C, D)
- Malla vial intermedia: son los tramos viales que conectan la retícula que conforma las mallas arteriales principal y complementaria, y sirven como alternativa de circulación. Permiten el acceso y fluidez de la ciudad a escala zonal. Se clasifican en: V-4, V-5, V-6
- Malla vial local: tramos viales que posibilitan el acceso a las unidades de vivienda. Se clasifican en V-7, V-8, V-9

Respetando la clasificación de la malla vial realizada en el POT, para los análisis concernientes a la localización de paraderos, se considera reclasificar la malla vial de Bogotá en tres grandes categorías, que facilitan el estudio operacional de los paraderos y su interacción con la movilidad de la ciudad. Estas son:

Vías Principales: Corresponden a los corredores de la malla vial arterial principal y complementaria, en donde la operación de los paraderos se asemeja bastante en su infraestructura peatonal, los volúmenes del tránsito vehicular son altos y los volúmenes de tránsito peatonal varían de acuerdo con los usos del suelo.

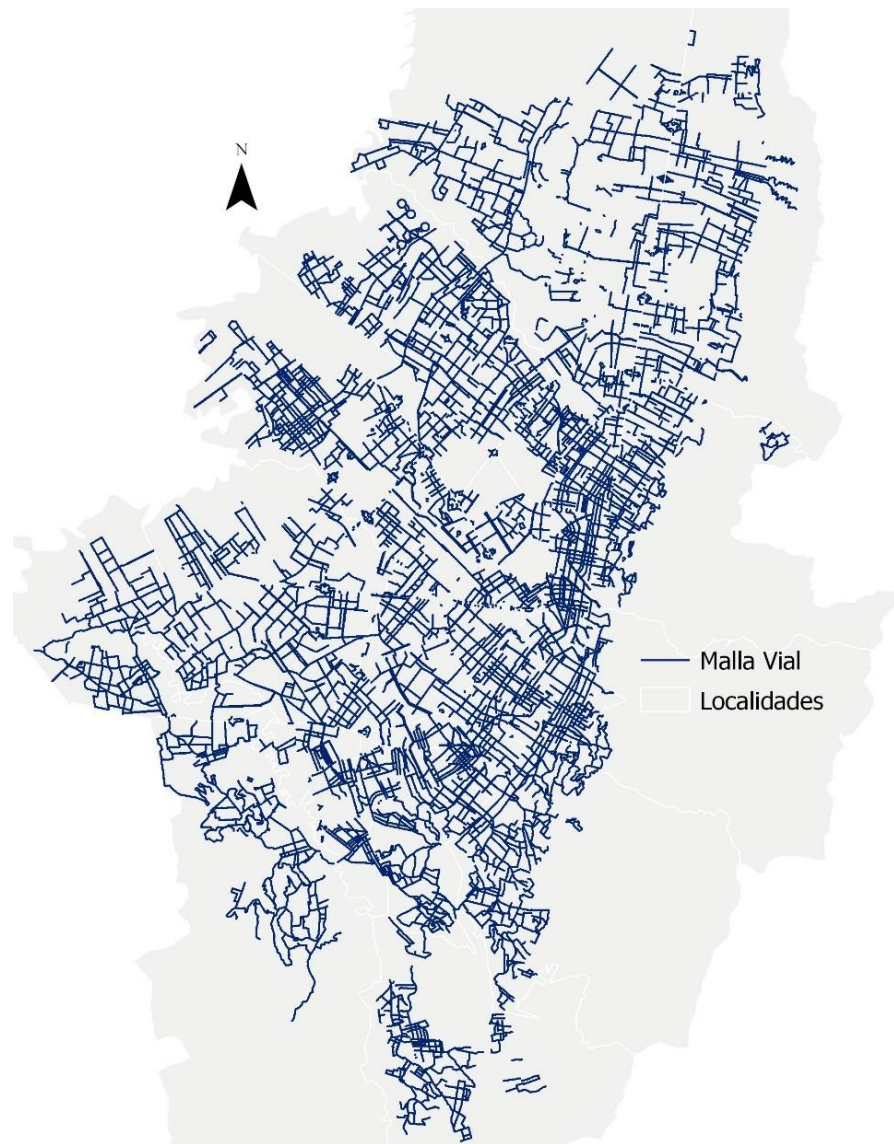
Figura 17. Malla vial Principal de Bogotá



Fuente: Elaboración propia – información tomada IDECA (shp MVI 2018 – Field MVIT 1)

Vías Colectoras: Es el conjunto de vías correspondientes a la malla vial Intermedia, la cuales distribuyen y canalizan el tránsito vehicular hacia o desde el sistema arterial hasta diferentes sectores urbanos, en forma directa o con intervención complementaria de las vías de servicio. Generalmente unen vías principales entre sí, y deben atender volúmenes de tránsito vehicular moderados, incluyendo el transporte público de pasajeros. Los volúmenes de tránsito peatonal varían de acuerdo con los usos del suelo.

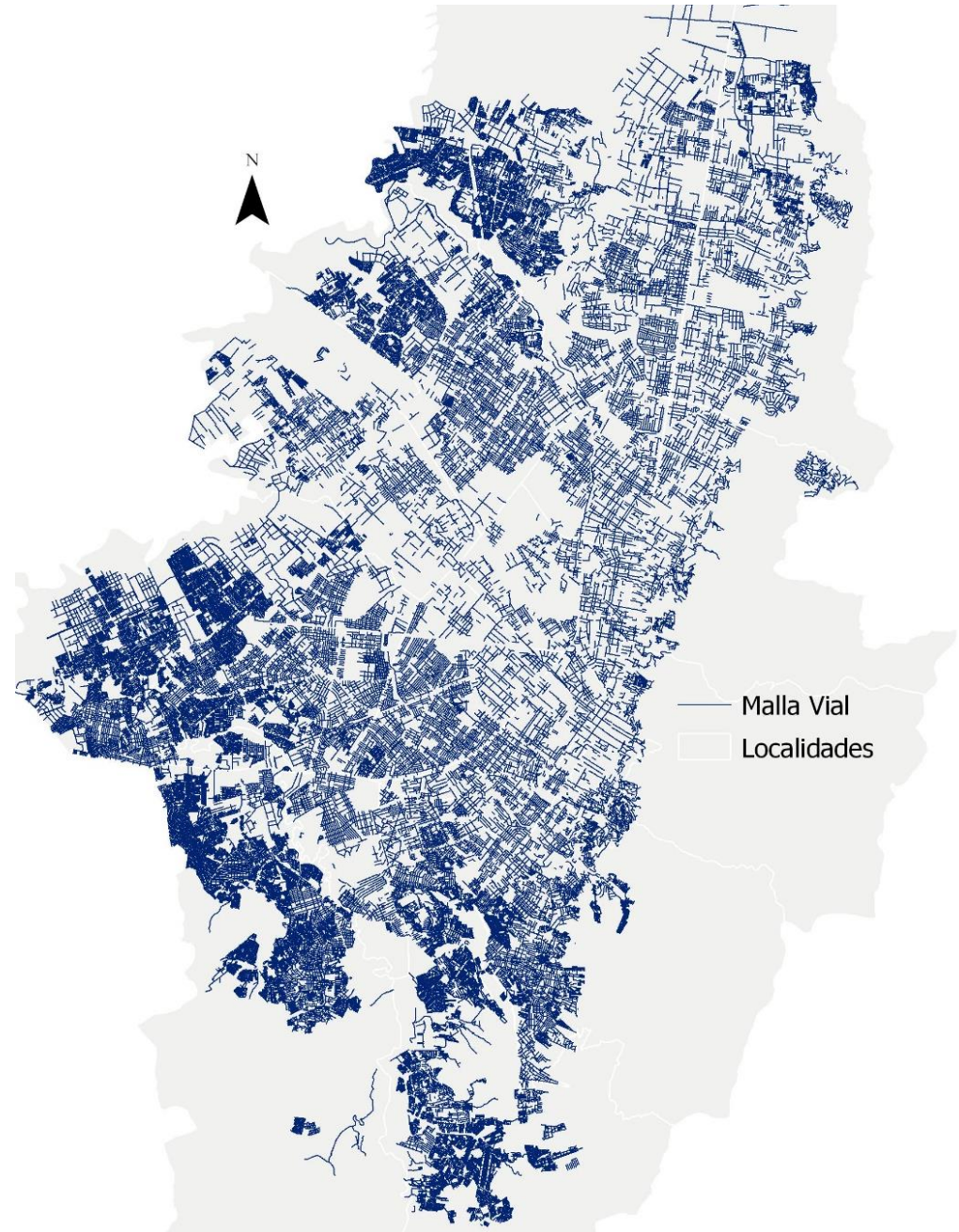
Figura 18. Malla vial Colectora



Fuente: Elaboración propia – información tomada IDECA (shp MVI 2018 – Field MVI 2)

Vías Locales: Tienen la función primordial de brindar accesibilidad a barrios y soportan tráficos de corta distancia. Generalmente los volúmenes de tránsito vehicular y peatonal son bajos.

Figura 19. Malla Vial Local



Fuente: Elaboración propia – información tomada IDECA (shp MVI 2018 – Field MVIT 3)

De la selección maestra (2986 paraderos) se procede a clasificarlos, de acuerdo con su localización por tipo de vía, en la que se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 5. Población paraderos categoría 4 por tipo de vía

TIPO DE VIA	CANTIDAD PARADEROS	PARTICIPACION
PRINCIPAL	1401	47%
COLECTORA	1274	43%
LOCAL	289	10%
TOTAL	2964	

Fuente: elaboración propia

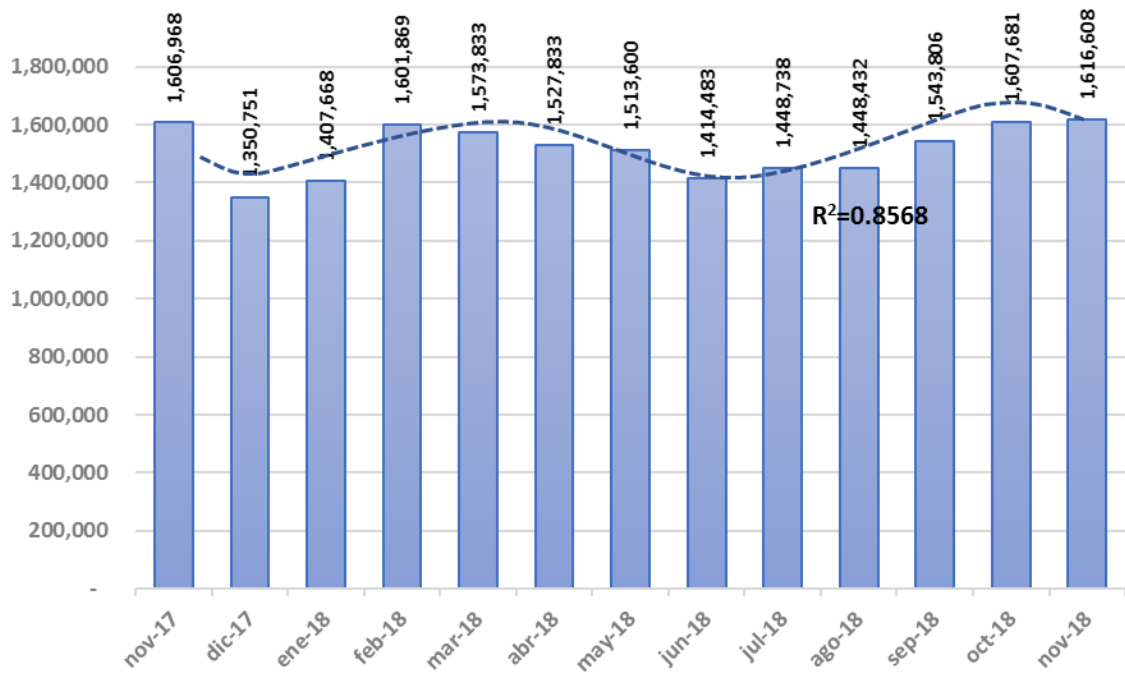
Las vías principales presentan la mayor participación de paraderos en la muestra seleccionada, con un 47% del total, seguido por las vías colectoras con un 34%, y solo un 10% de los paraderos se encuentran localizados sobre las vías locales.

De los 2964 paraderos seleccionados, 836 de ellos tienen mobiliario urbano M10, de los cuales el 100% de estos paraderos, estarán incluidos en los análisis de diseño de mobiliario.

6.1.1.1 Demanda de usuarios del SITP

De acuerdo con las cifras reportadas por Transmilenio S.A. [1] durante el último año de servicio, en un día hábil el promedio de usuarios alcanza a ser 1'500.000, con un $R^2=0.8568$, lo que indica que el sistema de transporte no presenta variaciones en su demanda considerables durante el último año, en donde los meses de octubre y noviembre del 2018 son los más cargados superando el 1'600.000 usuarios.

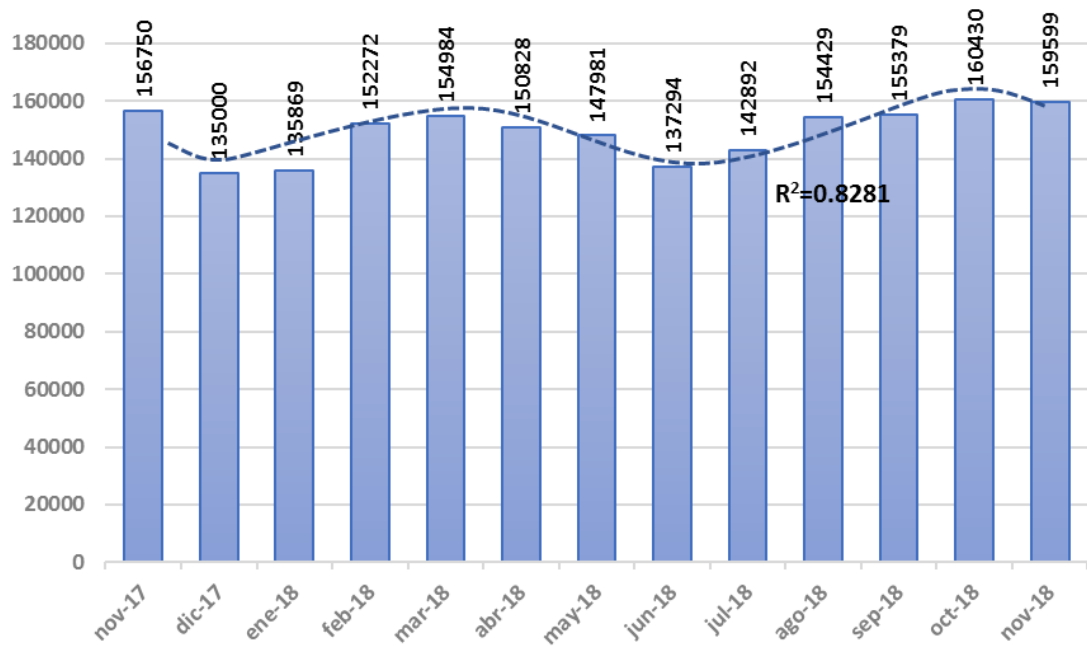
Figura 20. Evolución de la demanda día hábil



Fuente: Transmilenio S.A. [1]

El comportamiento de la demanda del sistema, indica a su vez, que en la hora pico la variación de la demanda es similar a la registrada diariamente, con un $R^2=0.8281$, como se puede observar en la

Figura 21. Evolución de la demanda en hora pico – día hábil

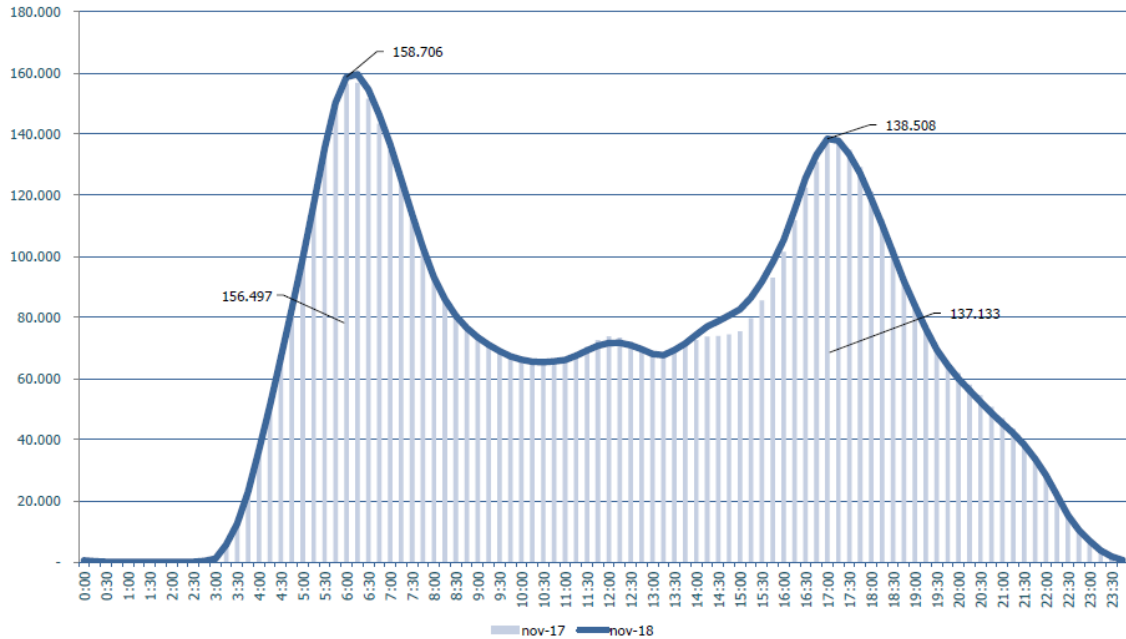


Fuente: Transmilenio S.A. [1]

De acuerdo con las anteriores cifras de demanda se selecciona un día hábil del mes agosto, por ser este uno de los meses que más se acerca al valor promedio de la demanda, y que a partir del cual se desarrollaran los análisis del comportamiento de la demanda en paraderos que conciernen al presente estudio.

La hora pico representativa de la demanda de usuarios del SITP, se encuentra a las 06:00 horas, alcanzando los 158.706 usuarios, y en la jornada de la tarde a las 17:00 horas con una demanda de 138.508 usuarios. En la hora valle decrece hasta llegar a los 72.000 usuarios en promedio.

Figura 22. Perfil de la demanda de usuarios en día típico zonal



Fuente: Transmilenio S.A. [1]

6.1.1.2 Análisis de la demanda en zonas de espera

Para efectos de interpretación en el presente proyecto de grado, el término demanda en zonas de espera, representa a la cantidad de usuarios del SITP que hace uso de un espacio de andén para abordar los buses. Estas cantidades de usuarios es determinada por los reportes realizados por los operadores del SITP a TRANSMILENIO S.A. del número de validaciones que se registran en los ascensos de usuarios, en el que es posible conocer su localización (paradero), la fecha y hora del ascenso. Información de la cual se extrae la cantidad de usuarios durante la hora de máxima demanda en el cuarto de hora más cargado.

Para analizar la demanda usuarios en zona de espera, se requiere agrupar la información en una tabla de frecuencias, de tal forma que se nos brinde una idea del cómo se encuentra distribuida la demanda y de esta manera determinar los valores de alta, media y baja demanda en el cuarto de hora más cargado.

Utilizando la regla de Sturges para calcular el número de clases, y teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra es de 2964 paraderos, obtenemos que:

$$\text{No. Clases} = 1 + 3.332 \text{ Log} (2964) = 13$$

Valores de demanda (usuarios en zona de espera/cuarto de hora más cargado)

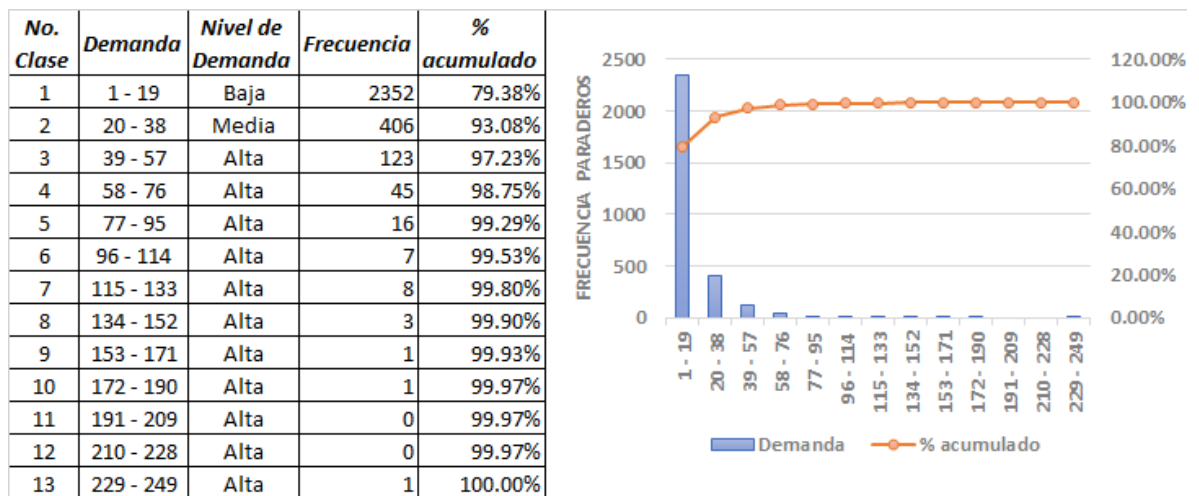
Demanda mínima = 1

Demanda máxima = 249

Rango = 249 – 1 = 248

Con los anteriores datos construimos la tabla de frecuencias

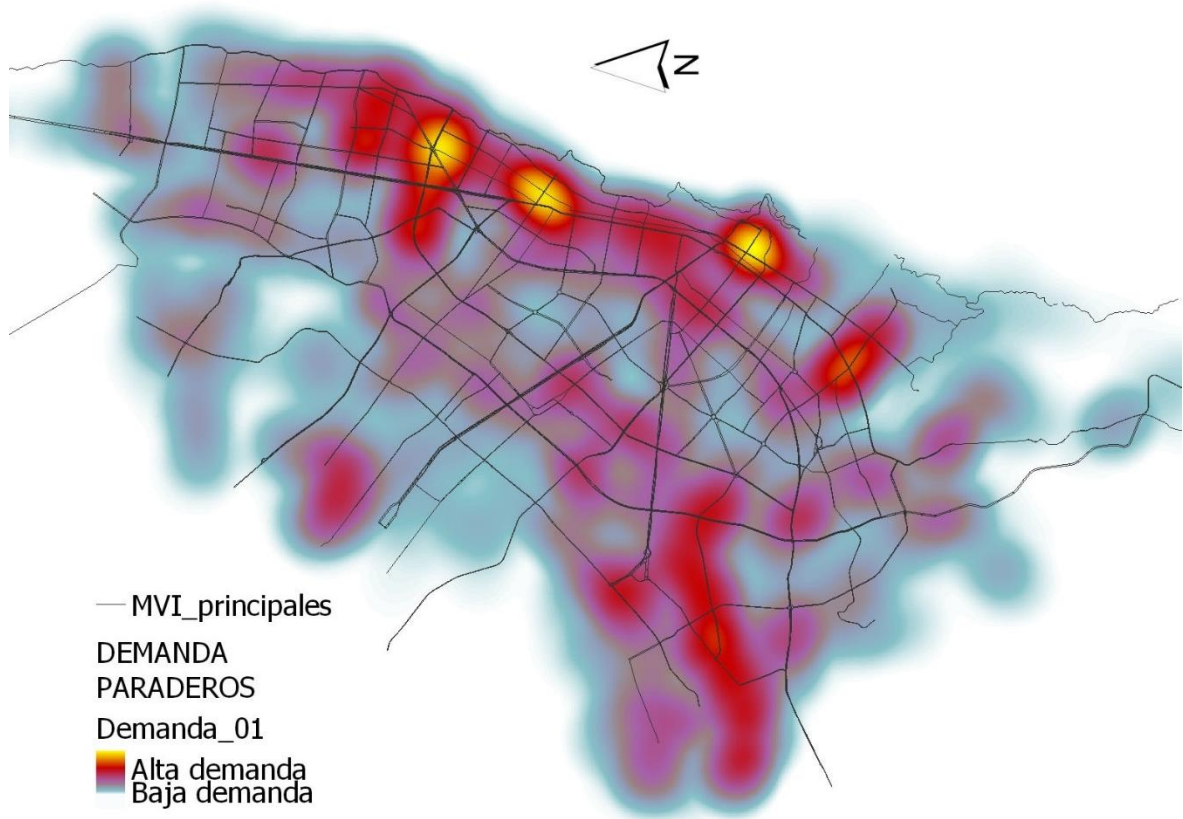
Figura 23. Frecuencia Vs Demanda



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 23 el 98.75% de la población se encuentra acumulado en los primeros cuatro (4) intervalos de clase correspondiente a una demanda menor 76 usuarios en la zona de espera, destacándose el primer intervalo con un 79.38% de la población de paraderos con una demanda menor a 20 usuarios.

Figura 24. Demanda de usuarios en zonas de espera



Fuente: Elaboración propia

Las mayores concentraciones de usuarios del SITP en zonas de espera de la muestra seleccionada (2964 paraderos), se encuentra sobre el corredor de la calle 100, Zona comercial de chapinero, el centro de la ciudad, la Av. 1° de mayo y la zona comercial de la localidad de Bosa.

Media = 14 usuarios

Desviación estándar = 17.20

El valor de la media se encuentra localizado en el primer intervalo de clase, por lo se considera este intervalo como el de demanda baja, el segundo intervalo como el

de demanda media y los siguientes intervalos que corresponden al 3% de los paraderos a la demanda Alta.

Tabla 6. Niveles de Demanda

Demanda	Rango de usuarios
Baja	1-19
Media	20-38
Alta	>39

Fuente: Elaboración Propia

6.2 SELECCION DE PARADERO TIPO

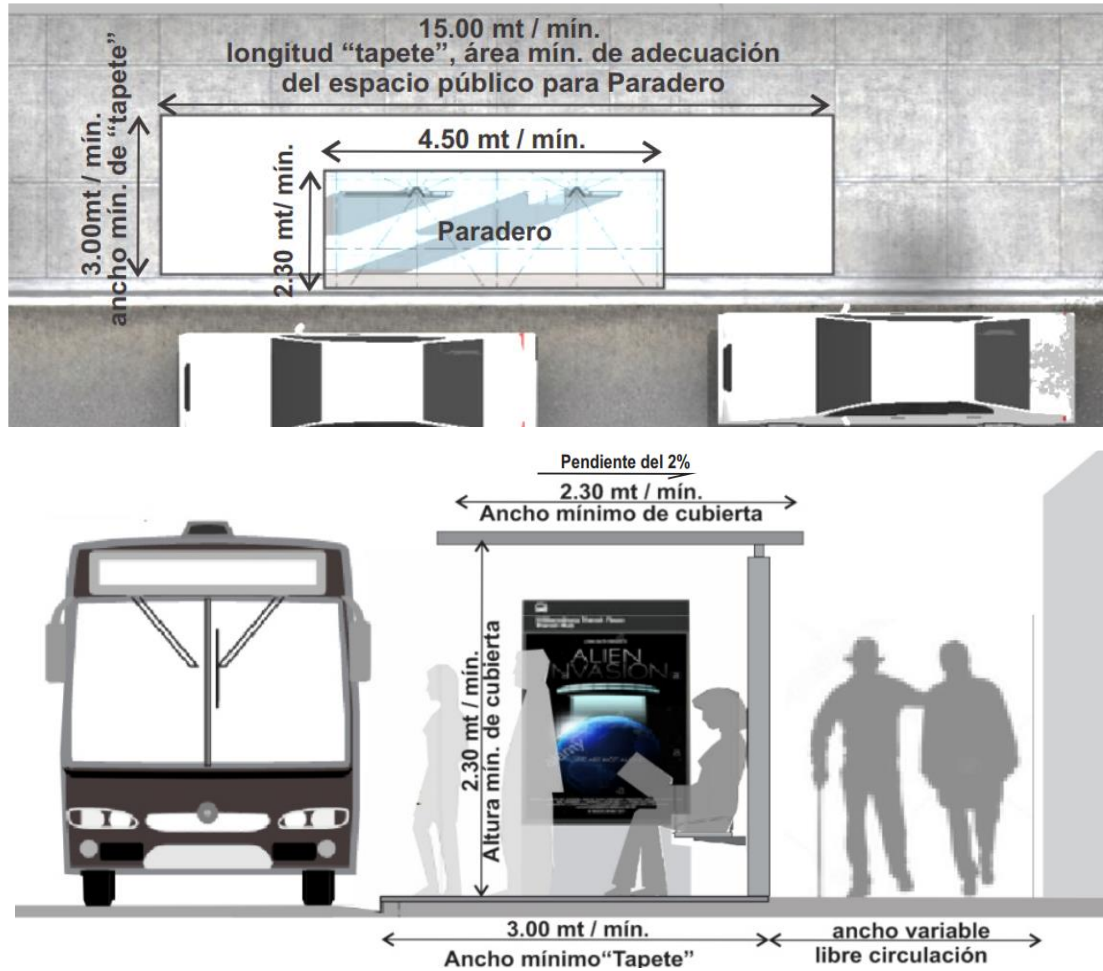
En el proceso de selección del paradero tipo, inicialmente se debe identificar las tipologías de paradero existentes de acuerdo al mobiliario utilizado para su operación, así mismo caracterizar las condiciones del espacio público (localización vial, ancho de andén) y de la demanda, así como las posibles relaciones entre estas variables, que permitan determinar la capacidad y los niveles de servicio de las zonas de espera e identificar los posibles conflictos que se están presentando en la actual operación de los paraderos.

6.2.1 Paradero Tipo según Mobiliario

La ciudad de Bogotá cuenta con una infraestructura peatonal heterogénea, en los puntos donde se encuentran localizados los paraderos del SITP, las dimensiones del ancho del andén varían entre los 0,22 m y los 38,0 m. De acuerdo con la disponibilidad del ancho de andén, así mismo es posible configurar el tipo de paradero que puede entrar a operar.

De acuerdo con los parámetros expuestos por el DADEP [6], para Bogotá se configuran tres (3) tipologías de paraderos de acuerdo con el mobiliario a utilizar y la disponibilidad del ancho de andén. Estas tipologías se describen a continuación:

Figura 25. Paradero tipo 1 (Paradero con módulo)

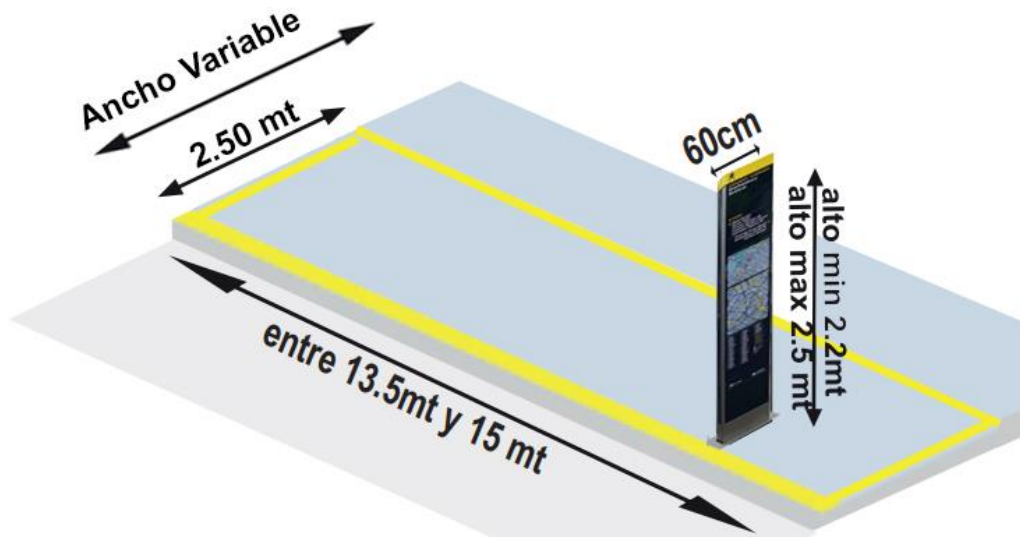


Fuente: [6] DADEP

El ancho mínimo deseado para adecuar un paradero tipo 1 debe tener disponible un ancho mínimo de 3,0 m y una longitud mínima de 13,50 m para la adecuación del tapete (dimensiones de la zona de espera), más un ancho variable libre de circulación, que según requerimientos del Taller del Espacio Público el ancho de libre circulación peatonal debe ser de 2,50 m. Como resultado para adecuar un paradero tipo 1, el ancho de andén mínimo debe ser de 5,50 m.

El paradero tipo 2 (con Tótem), se compone de un tapete con unas dimensiones de 2,50 m de ancho y 15,0 m de longitud, este tipo de paraderos es posible adecuarlos en anchos de andén mayor a 4,5 m.

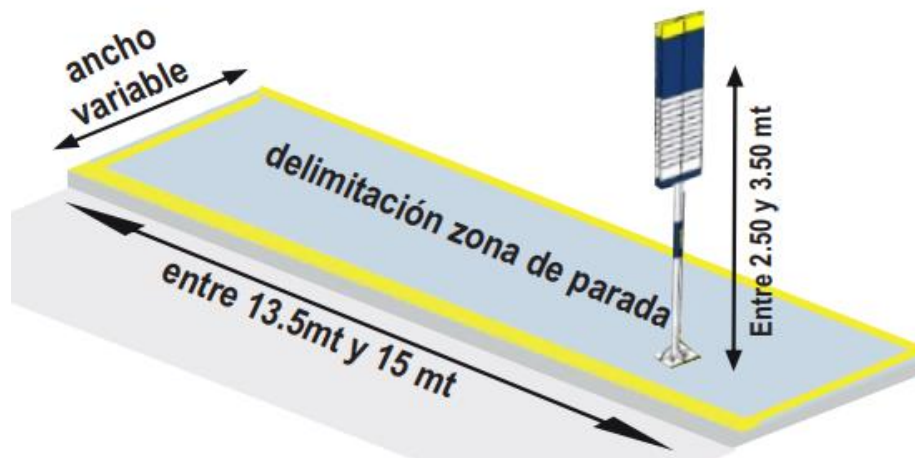
Figura 26. Paradero tipo 2 (Paradero con Totem)



Fuente: [6] DADEP

Por último, el paradero tipo 3 (Señal bandera), es la tipología de paradero que se ajusta a cualquier tipo de infraestructura peatonal, en anchos de andén menores a 3,5 m generalmente el área de la zona de espera es compartida con la circulación peatonal. Es recomendable que las dimensiones del tapete sean de 2,5 m de ancho por 13,5 m de longitud.

Figura 27. Paradero tipo 3 (Paradero con señal bandera)



Fuente: [6] DADEP

En términos generales las dimensiones mínimas del área de espera de un paradero son de 33,75 m² (13,5 m x 2,5 m). Así mismo, dependiendo del ancho de andén disponible, es posible adecuar cualquiera de las tres tipologías de paraderos, que en resumen se clasifican de la siguiente manera:

- Tipo 1 - Andenes con ancho mayor a 5,5m
- Tipo 2 – Andenes con ancho entre 4,5 m y 5,5 m
- Tipo 3 – Andenes con ancho menor a 4,5 m

Sumado a las tres (3) tipologías de paraderos, se considera necesario incluir una 4° tipología para los siguientes análisis de demanda en zonas de espera, esta deberá realizarse en anchos de andén menores a 2.5 m, debido a que los paraderos con esta característica, debe compartir la zona de espera con los flujos peatonales.

6.2.2 Caracterización del Espacio Público

De la información suministrada por Transmilenio S.A. se sustrae el dato correspondiente al espacio público, como son el ancho de andén y el tipo de vía en donde se encuentra localizado el paradero.

Tabla 7. Ejemplo de la información suministrada por Transmilenio S.A.

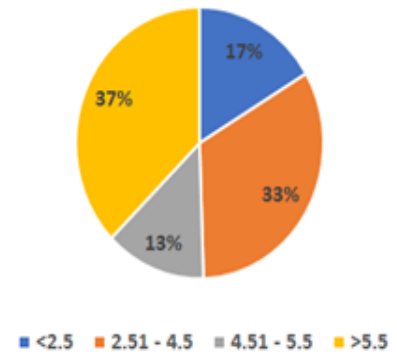
CENEFA	DIRECCIÓN PARADERO	TIPO DE CORREDOR VIAL	DEMANDA DIARIA AGOSTO 2018 (Usuarios día)	MAX OCUPACION /HORA	HORA PICO INICIO	CUARTO DE HORA MAS CARGADO	ANCHO DE ANDEN
001A00	AC 100 - KR 54	PRINCIPAL	863	209	7:00	61	7,74
001B00	AC 100 - KR 54	PRINCIPAL	2275	509	7:00	147	9,46
193A00	KR 17 - CL 66	COLECTOR	326	75	7:00	22	2,88
203A09	KR 81 - CL 70 B Sur	LOCAL	534	71	7:00	21	2,20
017A00	AC 63 - KR 26	COLECTOR	1024	141	17:00	41	5,42
015A00	AC 63 - KR 19	PRINCIPAL	1264	138	17:00	40	5,09

Fuente: Transmilenio S.A.

Para el desarrollo de la caracterización del espacio público con respecto al ancho de andén disponible para el peatón y el usuario del SITP, se procede a clasificar cada paradero por el tipo de corredor vial donde se encuentran localizados. La matriz Tipo de Vía vs. Ancho de Andén arroja los siguientes resultados:

Tabla 8. Matriz Tipo de Vía vs. Ancho de Andén

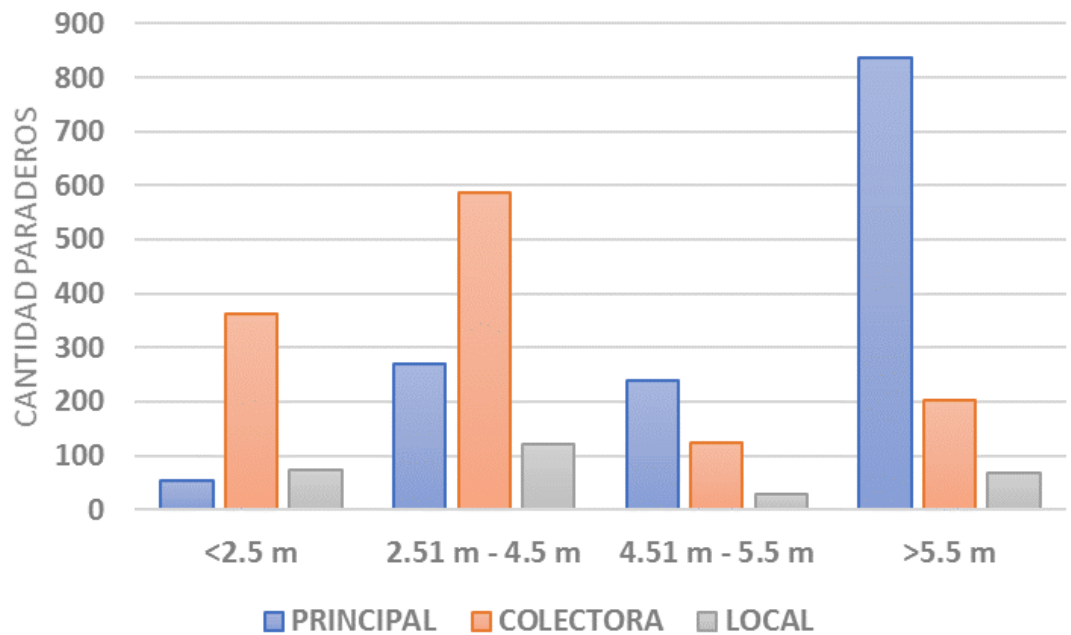
ANCHO DE ANDÉN	TIPO DE VIA			Total por ancho de
	PRINCIPAL	COLECTORA	LOCAL	
<2.5	54	362	72	488
2.51 - 4.5	270	587	122	979
4.51 - 5.5	239	123	28	390
>5.5	838	202	67	1107
Total por tipo de vía	1401	1274	289	2964



Fuente: Elaboración Propia

De los 2964 paraderos que cuentan con zonas duras accesibles en la ciudad de Bogotá, el 47% están localizados en vías principales, seguidas por las vías colectoras con 43% de participación. Por otra parte, el 37% de los paraderos están localizados en anchos de andén >5.50 m, seguido por el intervalo de ancho de andén 2.51 m – 4.50 m con un 33% de los paraderos. Al cruzar el tipo de vía vs ancho de andén, se encontró que la mayor presencia de paraderos se encuentra en las vías principales con un ancho de andén >5.50 m con un total de 838 paraderos.

Figura 28. Clasificación paraderos por tipo de vía y ancho de andén



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 28 se puede evidenciar que el ancho de andén en vías principales tiende a ser mayor de 5,5m, y el ancho de andén en vías colectoras a ser menor de 4,5 m. En las vías locales se observa que el ancho de andén con mayor presencia se encuentra en el rango de los 2.51 m – 4.5 m.

Tabla 9. Registro fotográfico paraderos tipo por ancho de andén

<2.50 m	2.51 m – 4.5 m																
 <table border="1" data-bbox="363 793 847 1039"> <tr> <td>CENEFA</td> <td>419A13</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>Br. Quindío II</td> </tr> <tr> <td>DIRECCIÓN</td> <td>TV 16 C Este - DG 46A Sur</td> </tr> <tr> <td>LOCALIDAD</td> <td>San Cristóbal</td> </tr> </table>	CENEFA	419A13	NOMBRE	Br. Quindío II	DIRECCIÓN	TV 16 C Este - DG 46A Sur	LOCALIDAD	San Cristóbal	 <table border="1" data-bbox="976 793 1408 1039"> <tr> <td>CENEFA</td> <td>789A00</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>Estación San Victorino</td> </tr> <tr> <td>DIRECCIÓN</td> <td>AK 10 - CL 12</td> </tr> <tr> <td>LOCALIDAD</td> <td>Santa Fe</td> </tr> </table>	CENEFA	789A00	NOMBRE	Estación San Victorino	DIRECCIÓN	AK 10 - CL 12	LOCALIDAD	Santa Fe
CENEFA	419A13																
NOMBRE	Br. Quindío II																
DIRECCIÓN	TV 16 C Este - DG 46A Sur																
LOCALIDAD	San Cristóbal																
CENEFA	789A00																
NOMBRE	Estación San Victorino																
DIRECCIÓN	AK 10 - CL 12																
LOCALIDAD	Santa Fe																
4.51m – 5.50 m	>5.51 m																
 <table border="1" data-bbox="401 1549 810 1795"> <tr> <td>CENEFA</td> <td>BD-058A</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>Fundación Santa Fe</td> </tr> <tr> <td>DIRECCIÓN</td> <td>AK 7 - CL 118</td> </tr> <tr> <td>LOCALIDAD</td> <td>Usaquén</td> </tr> </table>	CENEFA	BD-058A	NOMBRE	Fundación Santa Fe	DIRECCIÓN	AK 7 - CL 118	LOCALIDAD	Usaquén	 <table border="1" data-bbox="987 1556 1395 1801"> <tr> <td>CENEFA</td> <td>372A05</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>Estación Av. Rojas</td> </tr> <tr> <td>DIRECCIÓN</td> <td>AC 26 - AK 70</td> </tr> <tr> <td>LOCALIDAD</td> <td>Engativá</td> </tr> </table>	CENEFA	372A05	NOMBRE	Estación Av. Rojas	DIRECCIÓN	AC 26 - AK 70	LOCALIDAD	Engativá
CENEFA	BD-058A																
NOMBRE	Fundación Santa Fe																
DIRECCIÓN	AK 7 - CL 118																
LOCALIDAD	Usaquén																
CENEFA	372A05																
NOMBRE	Estación Av. Rojas																
DIRECCIÓN	AC 26 - AK 70																
LOCALIDAD	Engativá																

Fuente: Elaboración Propia

6.2.3 Caracterización de la Demanda Vs. Ancho De Andén

El comportamiento de la demanda frente al ancho de andén, en la selección maestra (2964 paraderos), presenta diferentes connotaciones, destacándose en que la mayoría de los paraderos presenta demanda baja, alcanzando el 79% de los paraderos con una mayor presencia en el intervalo de ancho de andén > 5.50 m en vías principales con un total de 573 paraderos.

Tabla 10. Comportamiento de la demanda vs ancho de andén

TIPO DE VIA	ANCHO DE ANDEN	NIVEL DE DEMANDA			Total Paraderos - ancho andén
		ALTA	MEDIA	BAJA	
PRINCIPAL	<2.5	2	8	44	54
	>5.5	105	160	573	838
	2.51 - 4.5	19	45	206	270
	4.51 - 5.5	18	48	173	239
COLECTORA	<2.5	15	15	332	362
	>5.5	10	22	170	202
	2.51 - 4.5	14	58	515	587
	4.51 - 5.5	5	17	101	123
LOCAL	<2.5	3	3	66	72
	>5.5	6	12	49	67
	2.51 - 4.5	6	14	102	122
	4.51 - 5.5	3	4	21	28
Total paraderos por nivel de demanda		206	406	2352	2964
		7%	14%	79%	

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de demanda alta y media demanda representa una quinta parte del universo, alcanzando un 7% y 14% de los paraderos respectivamente, situación que requiere de un análisis más detallado del comportamiento de la demanda, de sobre manera en aquellos paraderos que tienen un ancho de andén menor a 2.5 m, en donde las condiciones de la operación de las zonas de espera se realizan en los espacios peatonales reducidos en sus dimensiones.

Por otra parte, de no contarse con la información de las validaciones, otro método que permite realizar el cálculo de la demanda actual en zonas de espera, es a través del levantamiento de información primaria de los conteos de usuarios en dichas zonas, en los que se debe registrar la hora de llegada de los buses, la cantidad de usuarios en zonas de espera y la cantidad de ascensos, durante una semana continua de prestación del servicio, en los periodos no estacionales del transporte público. De esta manera determinar la hora pico del servicio y la máxima ocupación de usuarios en las zonas de espera.

Para efectos de planeación de un sistema de transporte público de pasajeros, es posible determinar la demanda proyectada de un paradero, a través del levantamiento de información de viajes diarios, realizando estudios de:

- Encuestas domiciliarias
- Pruebas de ascenso – descenso
- Origen destino

6.2.4 Capacidad y Niveles de Servicio en Zonas de Espera.

El nivel de servicio para zonas de espera está relacionado con el espacio promedio disponible para cada usuario del SITP y el grado de movilidad disponible. Las zonas duras adecuadas para el servicio de transporte público presentan unas dimensiones físicas generales para las cuatro (4) tipologías de paraderos descritas en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. de 13.5** m de longitud por un ancho de 2.5 m.

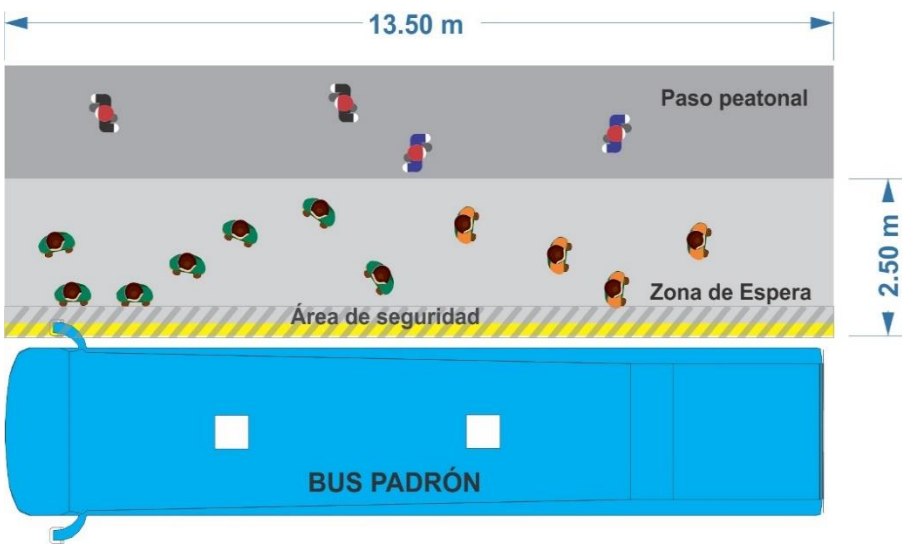
En la zona de espera debe existir un área de seguridad en donde no es recomendable que el usuario se ubique en la espera el servicio, ésta corresponde al área colindante con el borde del andén, debido a que los buses realizan maniobras de estacionamiento, en donde la parte frontal del bus puede ingresar sobre el andén, generando riesgo de accidentalidad, por lo que se recomienda disponer un ancho de andén de 0.5 m libre de obstáculos y de usuarios. De esta manera el área de espera efectiva para el albergue de usuarios es de 27 m² (13,5 m * 2.0 m).

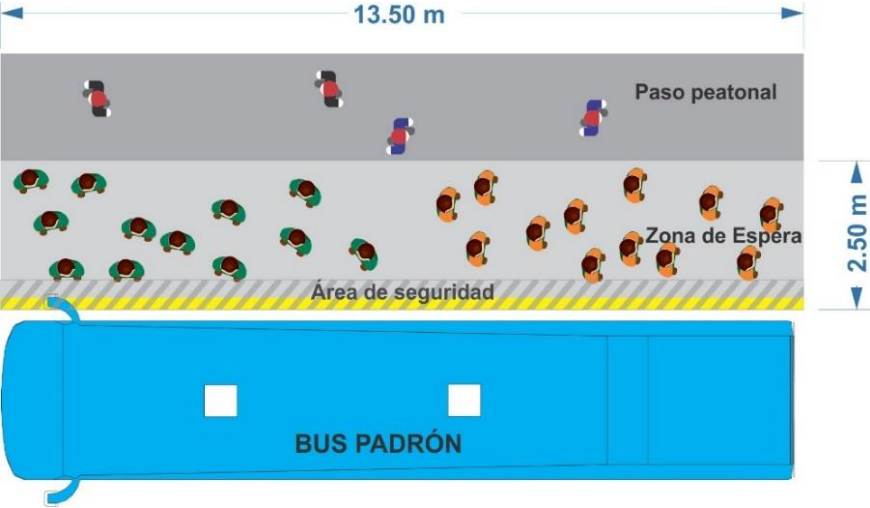
El HCM clasifica el nivel de servicio (LOS) de las zonas de espera, con las letras A, B, C, D, E y F, siendo la calificación A el indicador de la mejor calidad y la calificación de F la peor calidad). En una zona de espera cuando el nivel de servicio es A, implica que en el área de espera existe libre circulación (baja densidad de usuarios) y cuando es F implica que no hay posibilidad de realizar algún movimiento por la alta densidad de personas "sin flujo o flujo inestable", asumiendo que para una zona de espera en un paraderos, la disposición del espacio público es utilizado de forma

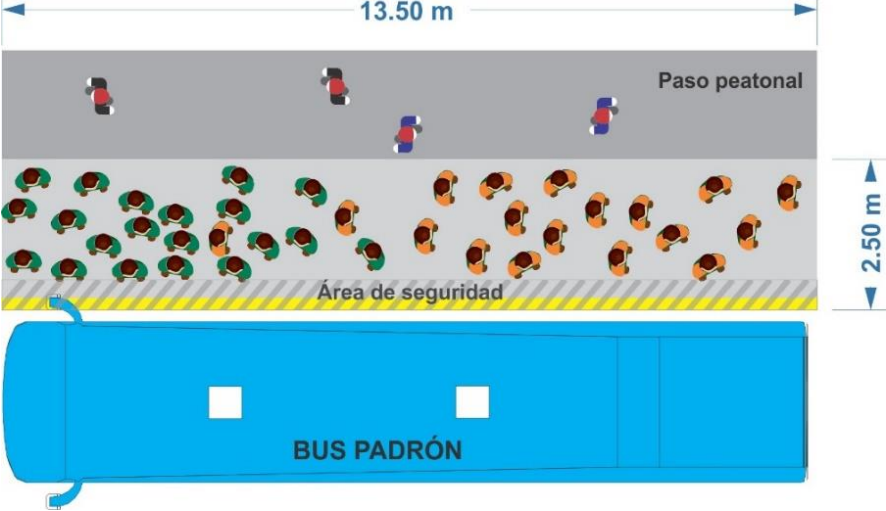
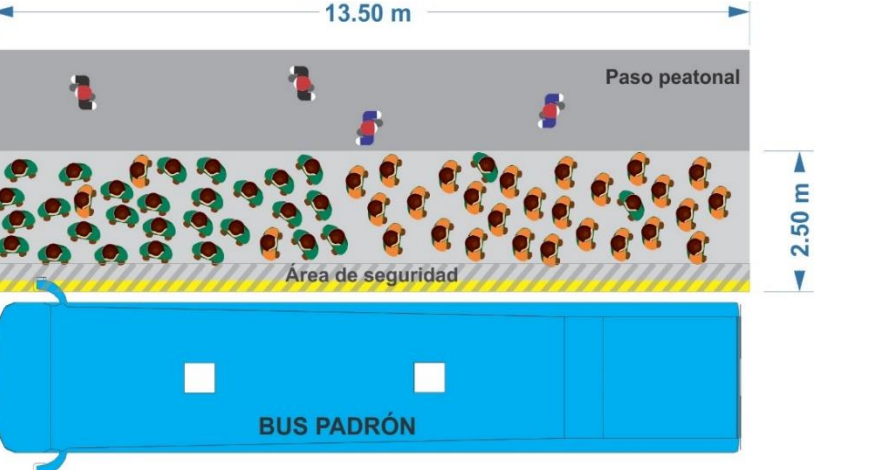
aleatoria y sin ningún orden aparente por parte usuario del SITP, siendo muy pocos los casos en que se presenta la formación de filas para el ascenso a los buses.

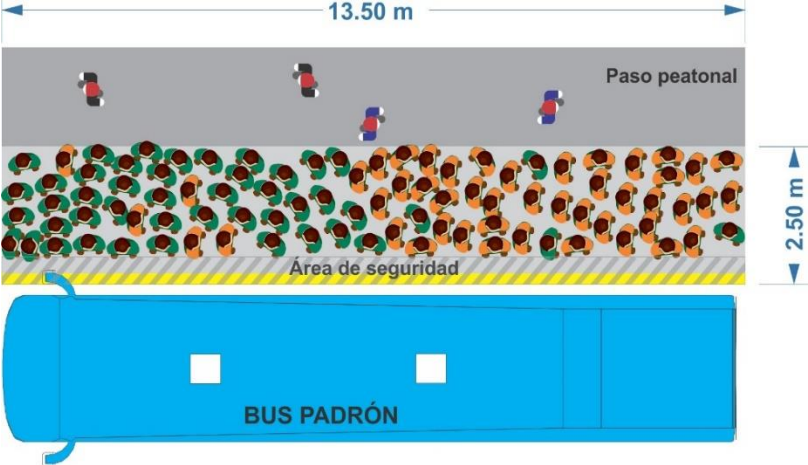
Para el análisis de los niveles de servicio en las áreas de espera, se requiere incluir un área de seguridad, en la que los usuarios no deberán posicionarse en la espera del servicio, debido al riesgo de accidentalidad al que están sometidos los usuarios, en vista a las maniobras de estacionamiento de los buses, pudiendo estos llegar a invadir el andén con la parte frontal de la carrocería. Esta área de seguridad debe estar demarcada en el límite de la zona de espera con el borde del andén, con un ancho mínimo de 50 cm. Los niveles de servicio identificados en las zonas de espera son:

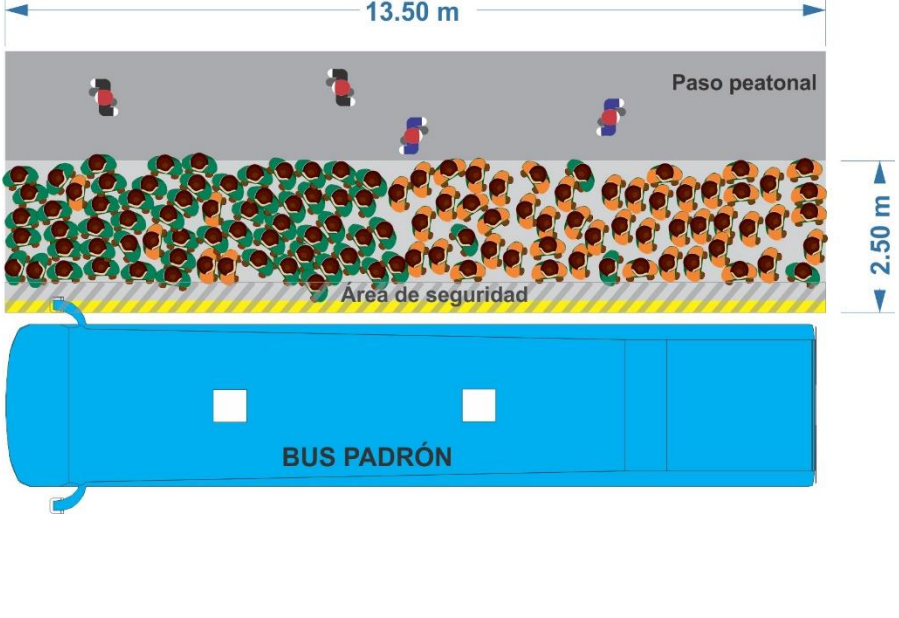
Tabla 11. Variación de Niveles de servicio en zonas de espera Nivel de Servicio A

NIVEL SERVICIO	Densidad m ² /usuario	DESCRIPCION
A	>1,2	<p>La libre circulación es posible a través de la zona de espera sin causar conflictos con otros usuarios. Capacidad = 27 m²/ 1.2 m²/usuario</p> <p>Capacidad = 22 usuarios</p> 

NIVEL SERVICIO	Densidad m ² /usuario	DESCRIPCION
B	0,9 - 1,2	<p>La circulación está parcialmente restringida, es posible a través de la zona de espera sin causar conflictos con otros usuarios. Capacidad = 27 m²/ 0.9 m²/usuario. Capacidad = 30 usuarios</p> 
C	0,6 - 0,9	<p>La circulación restringida a través de la zona de espera es posible causando conflictos con otros usuarios. Esta densidad se encuentra dentro del rango del confort. Capacidad = 27 m²/ 0.6 m²/usuario, Capacidad = 45 usuarios</p>

NIVEL SERVICIO	Densidad m ² /usuario	DESCRIPCION
		
D	0,3 - 0,6	<p data-bbox="630 1020 1503 1171">Estar de pie sin roces con otros usuarios es posible, la circulación está altamente restringida dentro de la zona de espera y el movimiento hacia adelante solo es posible realizarlo en grupo. Esperar un largo tiempo con esta densidad es bastante incómodo. Capacidad = 27 m²/ 0.3 m²/usuario</p> <p data-bbox="630 1213 915 1245">Capacidad = 90 usuarios</p> 

NIVEL SERVICIO	Densidad m2/usuario	DESCRIPCION
E	0,2 - 0,3	<p>Estar de pie en contacto físico con otras personas es inevitable. La circulación en la zona de espera no es posible. La espera solo se puede sostener por un corto periodo sin causar un serio malestar a los usuarios. Capacidad = 27 m2/ 0.2 m2/usuario, Capacidad = 135 usuarios</p> 
F	<0,2	<p>Virtualmente todas las personas se encuentran en contacto unas con otras. Esta densidad es extremadamente incomoda. No hay posibilidad de realizar movimiento alguno y existe un peligro potencial de pánico en estas muchedumbres tan grandes. Capacidad = 27 m2/ 0.2 m2/usuario Capacidad = >135 usuarios</p>

NIVEL SERVICIO	Densidad m ² /usuario	DESCRIPCION
		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las descripciones realizadas en la tabla anterior, se considera como nivel de servicio ideal para la operación de las zonas de espera en LOS C, aunque la circulación en este nivel de servicio es restringida, la densidad de usuarios se encuentra dentro de un rango del confort.

En las simulaciones graficas realizadas en la Los niveles de servicio identificados en las zonas de espera son:

Tabla 11, las personas dibujadas en color verde representan a aquellos usuarios que desean realizar la transferencia en el servicio actual. Las personas dibujadas en color naranja son aquellas que siguen esperando su servicio. En la representación gráfica del nivel de servicio C, se puede observar que los usuarios pueden desplazarse dentro de la zona de espera sin ninguna incomodidad, a diferencia de los niveles de servicio D, E, F, los usuarios tienden a perder el servicio que se encuentra en abordaje, debido a la falta de espacio dentro del área de espera para movilizarse.

6.2.4.1 Área Efectiva de la zona de espera

Esta tiene en cuenta las obstrucciones que se pueden presentar por los mismos paraderos y su mobiliario, tales como columnas, sillas y señalización. De igual manera el área de seguridad no se tiene en cuenta para el cálculo del área efectiva, con el fin de que esta franja brinde seguridad a los usuarios de vial vehicular.

En el siguiente cuadro se describe las áreas contempladas para calcular el área de la zona de espera para evaluar los Niveles de servicio.

Tabla 12. Área Efectiva

Área efectiva	33,8	m2
Área de seguridad	4,1	m2
Área mobiliario	2,70	m2
Zona de Espera:	27	m2

Fuente: Elaboración propia

El área de la Zona de Espera son 27m², valor que se tiene en cuenta para calcular la capacidad de usuarios, según el nivel de servicio.

6.2.4.2 Análisis de la capacidad y niveles de servicio en los paraderos del SITP

Una vez definida la metodología de cálculo de los niveles de servicio de una zona de espera, se procede a analizar el comportamiento actual de la muestra de paraderos del SITP acorde a los anchos de andén del espacio público bogotano. A continuación, se construye una matriz de niveles de servicio frente a los anchos de andén definidos para cada tipología de paradero.

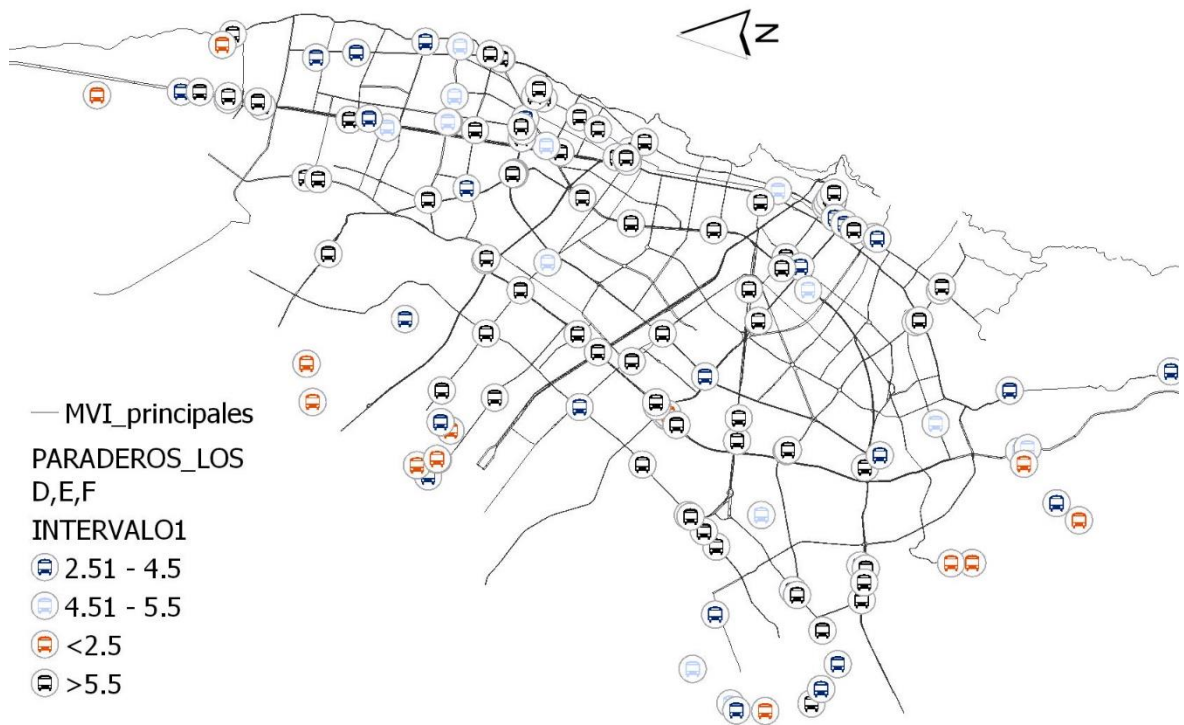
Tabla 13. Análisis de los Niveles de servicio en paraderos del SITP

NIVEL DE SERVICIO	CAPACIDAD (usuarios)	<2.5 m	2.51 m - 4.5 m	4.51 m - 5.5 m	>5.5 m	Total Paraderos - Nivel de servicio
A	1 - 22	448	859	315	831	2453
B	23-30	10	55	31	110	206
C	31 - 45	16	41	30	80	167
D	46 - 90	12	18	13	71	113
E	91 - 135	1	5	1	11	19
F	> 135		2		4	6
Total paraderos - ancho andén		487	979	390	1107	2964

Fuente: Elaboración propia

La localización de los paraderos con niveles de servicio D, E y F, se encuentran distribuidos por toda la ciudad

Figura 29. Localización paraderos con niveles de servicio D, E, F



Fuente: Elaboración propia

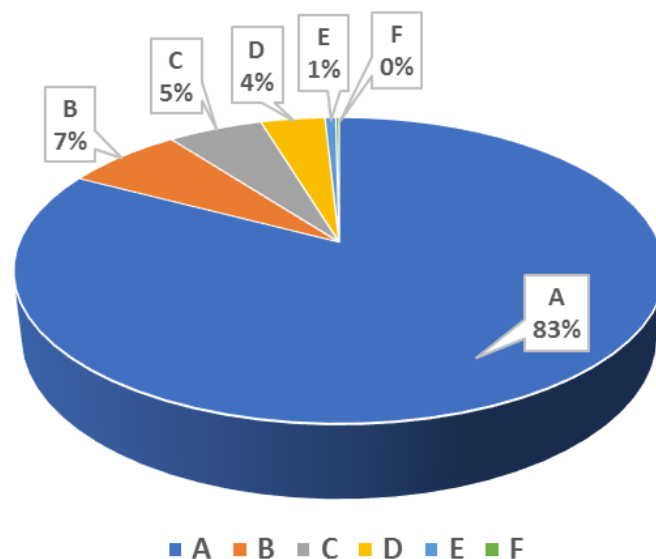
Figura 30. Paradero con nivel de servicio D – ancho de andén >5.5 m



Fuente: Registro fotográfico propio

El 95% de los paraderos presentan un nivel de servicio A, B y C, destacándose el LOS A con un 83%. Estos indicadores reflejan que las zonas de espera de los paraderos actualmente están operando en condiciones favorables, sin embargo, un 5% de los paraderos (138 paraderos con niveles de servicio D, E, F) requieren atención, debido a que se están presentando saturación de usuarios en sus zonas de espera en las horas pico, por lo que se recomienda tomar acciones que mejoren las condiciones en que se encuentran operando estas.

Figura 31. Distribución porcentual de los niveles de servicio en zonas de espera - paraderos del SITP



Fuente: Elaboración propia

6.2.4.3 Paraderos con ancho de andén menor a 2.5 m

Los paraderos localizados en andenes con un ancho menor a 2.5 m, se ven afectados adicionalmente por los flujos peatonales, debido a que las zonas de espera son compartidas con el peatón, tendiendo a aumentar la saturación de las zonas de espera y la generación de conflictos de movilidad peatonal. Por lo que se hace necesario encontrar una metodología para castigar la calificación de los niveles de servicio en estos paraderos.

Un método práctico para realizar la calificación de los niveles de servicio, sin tener en cuenta las cifras puntuales de las densidades peatonales y la velocidad de caminata en cada franja de andén, trata de determinar el uso del suelo en donde se encuentra localizado cada paradero. Para ayudarnos en esta clasificación por localización, se asume las siguientes características del espacio público de acuerdo con el tipo de vía donde se posiciona:

- Vía Local: Uso del suelo para la actividad residencial y dotacional

Figura 32. Paradero en vía Local – Kr 9A con CI 50ª Sur



Fuente: Registro fotográfico propio

- La atracción y generación de viajes depende de la densidad poblacional y el estrato.
- Presenta baja densidad peatonal.
- Los flujos peatonales aumentan cuando en el segmento vial se encuentra localizado un centro atractor de viajes: Hospitales, colegios, parques.

- Vía Colectora: Uso del suelo para actividades mixtas (Residencial, comercial, servicios, industrial, turístico).

Figura 33. Paradero en vía Colectora – Kr 121 con Cl 64B



Fuente: Transmilenio S.A.

- La atracción y generación de viajes es media y alta.
 - Alta y media densidad peatonal.
 - Los flujos peatonales fácilmente se ven interrumpidos por las zonas de espera de los paraderos, generalmente en horas pico.
- Vía principal: Uso del suelo para actividades mixtas (Residencial, comercial, servicios, industrial, turístico).

Figura 34. Paradero en vía Principal – Kr 7 con calle 116



Fuente: Registro fotográfico propio

- La atracción y generación de viajes es baja, media y alta
- Baja, media y alta densidad peatonal.
- Alto volumen vehicular
- Los flujos peatonales fácilmente se ven interrumpidos por las zonas de espera de los paraderos, generalmente en horas pico.

A continuación, se describen los niveles de servicio obtenidos en los paraderos del SITP, con un ancho de andén menor a 2.5 m, clasificados por el tipo de vía en donde se encuentran localizados:

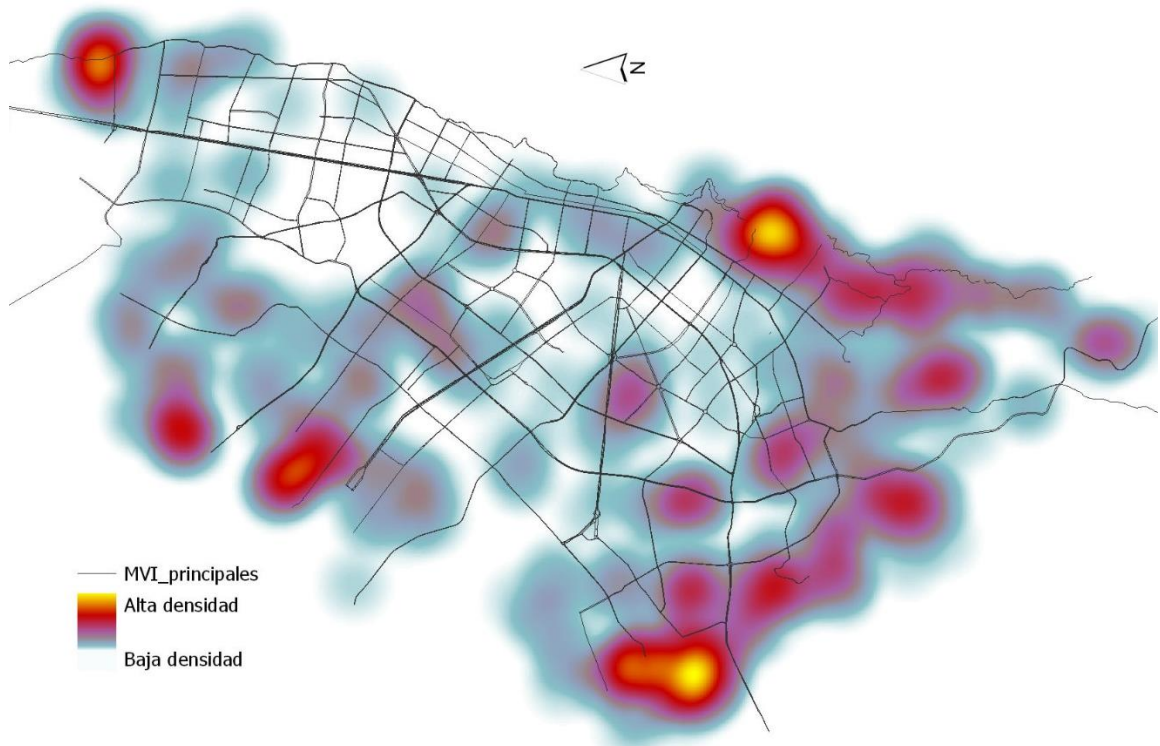
Tabla 14. Niveles de servicio en paraderos con ancho de andén menor a 2.5 m por tipo de vía

NIVEL DE SERVICIO	DEMANDA DE USUARIOS	TIPO DE VIA			
		PRINCIPAL	COLECTORA	LOCAL	Total por nivel de servicio
A	1 - 22	46	334	68	448
B	23-30	3	6	1	10
C	31 - 45	4	11	1	16
D	46 - 90	1	9	2	12
E	91 - 135		1		1
Total por tipo de vía		54	361	72	487

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla, a nivel general los paraderos con un ancho menor de 2.5 m se concentran en las vías colectoras con un total de 361 paraderos. Por otra parte, los paraderos que están por fuera del máximo nivel de servicio deseable (LOS C) son 13, siendo estos una bastante minoría, pero que requieren de atención en la búsqueda de una mejor prestación del servicio.

Figura 35. Concentración de la demanda en paraderos con ancho menor de 2.5m



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35, puede observar que gran parte de los paraderos con un ancho menor de 2.5 m se encuentran localizados en las zonas periféricas de la ciudad, concentrándose los valores de alta demanda en las localidades de Bosa y San Cristóbal (zona centro), y otras zonas de la ciudad, como Engativá pueblo, y los barrios Verbenal, Lijaca y el Codito.

Para determinar si un paradero requiere ser castigado en su calificación del nivel servicio, se debe proceder a realizar el diagnóstico de su localización, en el que se caracterice el tipo de vía y las actividades de uso del suelo.

Para el desarrollo diagnóstico de localización de paraderos, se debe tener en cuenta el modelo territorial para la ciudad de Bogotá [7], para la asignación de usos del suelo en función de la estructura urbana, la cual se clasifica en las siguientes actividades:

- Área de Actividad Residencial. Es la que designa un suelo como lugar de habitación, para proporcionar alojamiento permanente a las personas.
- Área de Actividad Dotacional Es la que designa un suelo como lugar para la localización de los servicios necesarios para la vida urbana y para garantizar el recreo y esparcimiento de la población, independientemente de su carácter público o privado.
- Área de Actividad de Comercio y Servicios. Es la que designa un suelo para la localización de establecimientos que ofrecen bienes en diferentes escalas, así como servicios a empresas y personas.
- Área de Actividad Central. Es la que designa el suelo del Centro Tradicional de la ciudad y de los núcleos fundacionales de los municipios anexados, para la localización de actividades que responden a las funciones de carácter central que cumplen dentro del modelo de ordenamiento territorial. Allí conviven usos de vivienda, comercio, servicios, y dotacionales, configurando sectores específicos.
- Área de Actividad Industrial. Es aquella en la que se permite la localización de establecimientos dedicados a la producción, elaboración, fabricación, preparación, recuperación, reproducción, ensamblaje, construcción, reparación transformación, tratamiento, y manipulación de materias primas, para producir bienes o productos materiales.
- Área de Actividad Minera. Son las áreas donde se encuentran las minas de materia prima, arcilla, arenas, recombos y en general los agregados pétreos, utilizados en la producción de materiales para la industria de la construcción.

Una vez determinado las actividades de uso del suelo de la localización de los paraderos se procede al ajuste de la calificación de los niveles de servicio, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Los paraderos localizados en vías principales y colectoras con usos del suelo Comercial y Servicios, se ajusta su nivel servicio a una categoría superior a la calculada.

Tabla 15. Ejemplo de diagnóstico de la localización de los paraderos en vía principal

DIAGNOSTICO DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS PARADEROS			
		FOTOGRAFIA	
CENEFA	098A00		
DIRECCION	AK11 – CL 57		
TIPO DE VIA	Principal		
ANCHO ANDEN	2.20 m		
NIVEL DE SERVICIO	B		
NIVEL DE SERVICIO AJUSTADO	C		
ACTIVIDADES DE USO DEL SUELO			
Residencial	X	Central	
Dotacional		Industrial	
Comercio y servicios	X	Minera	



OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración propia

- Los paraderos localizados en vías locales con usos del suelo dotacional o Central, se ajusta su nivel servicio a una categoría superior a la calculada.

Tabla 16. Ejemplo de diagnóstico de la localización de los paraderos en vía Local

DIAGNOSTICO DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS PARADEROS				
		FOTOGRAFIA		
CENEFA	846A00			
DIRECCION	KR 5 – 12B			
TIPO DE VIA	Local			
ANCHO ANDEN	1.96 m			
NIVEL DE SERVICIO	C			
NIVEL DE SERVICIO AJUSTADO	D			
ACTIVIDADES DE USO DEL SUELO				
Residencial	Central			X
Dotacional	Industrial			
Comercio y servicios	Minera			

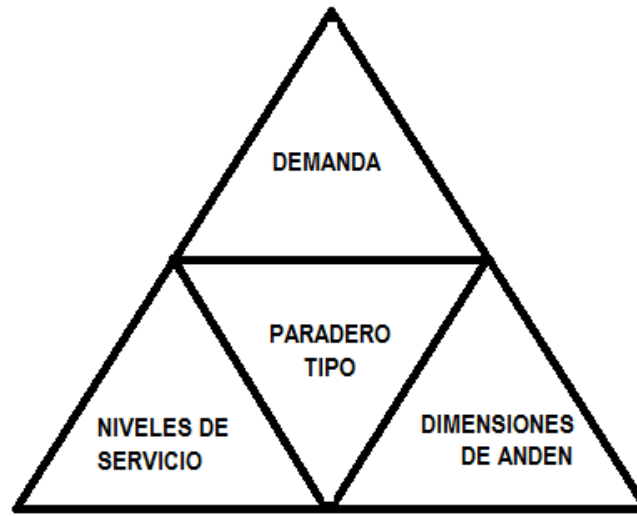
OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración propia

6.3 PROPUESTA PARADEROS TIPO

Los diferentes tipos de paraderos propuestos, tienen características físicas según, las siguientes variables:

Figura 36. Variables para escoger el Paradero Tipo



Fuente: Elaboración Propia

Los módulos de transferencia deben tener el dimensionamiento óptimo según las diferentes variables evaluadas en los capítulos anteriores, para que pueda brindar a los usuarios condiciones de comodidad y seguridad de manera que estos prefieran el uso del sistema y de los paraderos.

6.3.1 Propuesta Operacional

Los resultados obtenidos en los análisis del comportamiento de las zonas de espera y la metodología de selección de paradero tipo, se encontró que los factores que intervienen en la operación en las zonas de espera presentan los siguientes componentes:

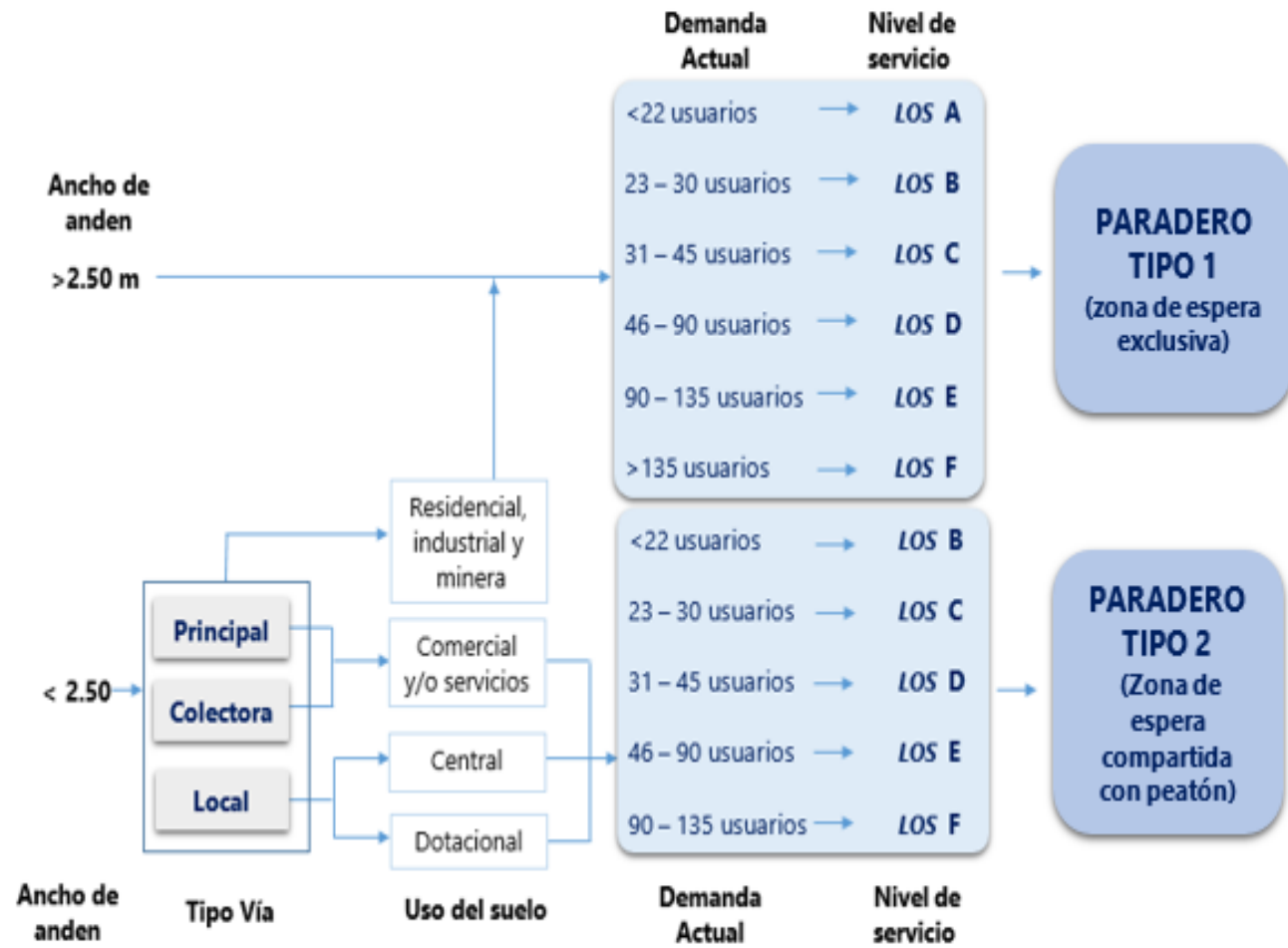
- Tipo de mobiliario: Se definieron tres (3) tipologías de paraderos de acuerdo con el mobiliario a implementar
 - Tipo 1: Paradero con modulo
 - Tipo 2: Paradero con Tótem

- Tipo 3: Paradero con Señal Bandera
- Condiciones del espacio público: Se definieron dos condiciones generales del espacio público acorde al ancho de andén disponible para la operación de las zonas de espera y los flujos peatonales
 - Paraderos con ancho mayor a 2.51 m: Paraderos en los que es posible implementar los tres tipos de mobiliario urbano. El espacio público destinado a la zona de espera puede operar de forma independiente a los flujos peatonales.
 - Paraderos con ancho de andén menor a 2.50 m: Solo es posible instalar la señal bandera. El área de espera del paradero es compartida con los flujos peatonales.
- Demanda actual de las zonas de espera: Volumen de usuarios en zonas de espera, para los cuales se definieron niveles de servicio acordes a la cantidad de usuarios en la hora pico en cuarto más cargado.
- Localización de los paraderos: Incidencia de la localización de los paraderos, de acuerdo con el tipo de vía y usos del suelo en donde operan las zonas de espera.

Para la selección de los paraderos tipo, es necesario seguir el protocolo de identificación de las características operacionales y de infraestructura de las zonas de espera, y que luego de ser definidas estas características, se procede a calificar su nivel de servicio, el cual dictaminara si la zona de espera se encuentra operando en favorables condiciones. Los paraderos que califiquen en nivel de servicio D, E y F requerirán tomar acciones operativas que mejoren su calificación.

El proceso identificación del paradero tipo y su posterior calificación se resumen en siguiente cuadro sinóptico:

Figura 37. Procedimiento para la valoración del nivel de servicio de los paraderos tipo



Fuente: Elaboración propia

6.3.1.1 Diseño operacional de módulos de parada por demanda

Los paraderos con media y alta demanda, que presentan niveles de servicio D, E y F, concentran una gran cantidad de usuarios en una sola zona de espera, generando conflictos en la movilidad peatonal y al interior de la misma zona de espera, por lo que se hace necesario realizar la apertura de uno o más módulos de parada adicionales (paraderos múltiples), con el fin de distribuir la demanda y evitar la saturación en la ocupación de los andenes.

Esta distribución de la demanda se deberá realizar de la siguiente manera:

Tabla 17. Propuesta de distribución de la demanda en módulos de parada

NIVEL DE SERVICIO	# DE MODULOS	NIVEL DE SERVICIO ESPERADO
D	Módulo 1	B o C
	Módulo 2	C
E	Módulo 1	B o C
	Módulo 2	C
	Módulo 3	C
F	Módulo 1	C
	Módulo 2	C
	Módulo 3	C

Fuente: Elaboración propia

El paradero con nivel de servicio D se deberá distribuirse en dos (2) módulos, y los paraderos con nivel de servicio E y F en tres (3) módulos, esperando que la apertura de estos nuevos módulos permita disminuir la saturación de usuarios, alcanzando un nivel de servicio favorable para la operación de las zonas de espera.

6.3.2 Propuesta Módulos de refugio M10

La construcción de paraderos tiene como objetivo facilitar a los usuarios el acceso al sistema de transporte, promoviendo su uso y haciendo que este sea eficiente tanto en la operación como en la eficiencia.

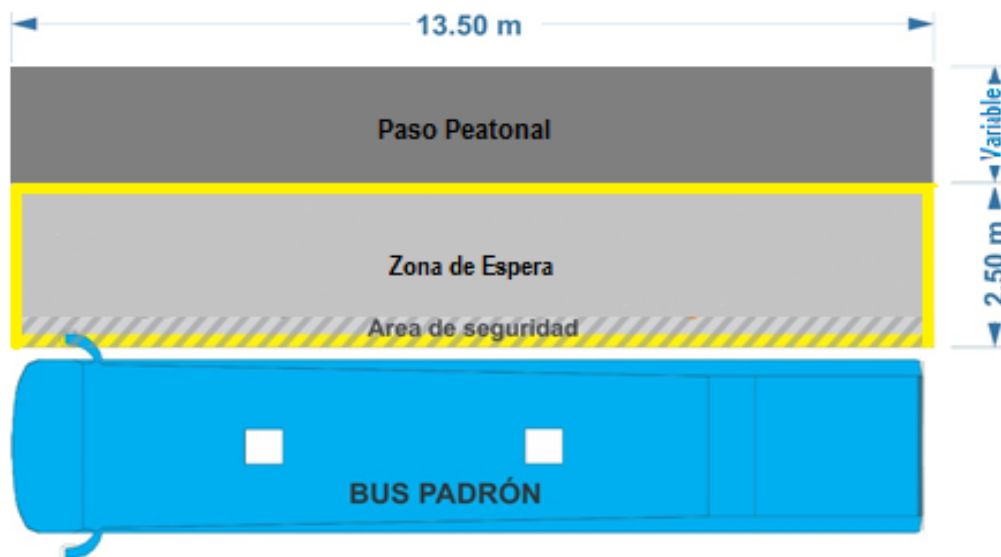
El tipo de paradero propuesto se organiza en plataforma lineal, pues resulta una solución eficiente para aquellos que reciben desde una a más rutas por la facilidad de ingresar y salir del mismo.

Los paraderos propuestos cuentan con:

- Zona de espera
- Área de seguridad
- Paso peatonal
- Vía vehicular.
- Tablero de información de rutas
- Iluminación

Y según el tipo de paradero contara con el paso peatonal y área de espera compartida debido a las limitaciones de espacio público, así:

Figura 38. Composición del paradero.



Fuente: Elaboración propia

6.3.2.1 Dimensionamiento de Refugios

Este paradero está basado en el diseño del módulo de transferencia M10, según Cartilla de Mobiliario Urbano (2017) describe el M10 “Es un elemento que demarca y señala los sitios de parada del transporte público protegiendo al usuario de la lluvia y el sol. Este elemento modular y de fácil mantenimiento, está compuesto por una estructura principal en acero inoxidable y una cubierta traslúcida en policarbonato.”(p.11)

Figura 39. M10 actual



Fuente: Recuperado de Cartilla de Mobiliario Urbano

En el diseño propuesto, se modifican las dimensiones longitudinales del M10 de la siguiente manera según los niveles de demanda estudiados mostrados en Tabla 6.
Niveles de Demanda

El M10 funciona como un refugio para protección contra el tiempo (lluvia, frío y calor), contra la luminosidad y presta confort a los usuarios. Las dimensiones se calculan teniendo en cuenta el área de la cubierta del módulo de transferencia y según de la capacidad en metro cuadrado de usuarios. Así:

Tabla 18. Capacidad Usuarios por metro cuadrado según el Estado del Clima

Clima	Capacidad m2/Usuario
Lluvioso	0,6
Seco y Nublado	0,9

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se calculó la capacidad de usuarios y la tasa de refugio en cada uno de ellos, con el fin de determinar cuál es el dimensionamiento más apropiado para los niveles de demanda alta, media y baja.

Adicionalmente se tuvo en cuenta el comportamiento de los usuarios que se ve afectado de acuerdo a las condiciones climáticas (Lluvioso o Soleado), es por esto que se tuvo en cuenta la evaluación del dimensionamiento de M10 para climas extremos de lluvia en el caso de Bogotá. Partiendo del punto de confort de los usuarios.

Tabla 19. Evaluación del dimensionamiento del M10 para clima Seco o Nublado

Nivel de Demanda	Rango de usuarios	Capacidad m2/Usuario	Módulos											
			Módulo 1			Módulo 2			Módulo 3			Módulo 4		
			Área 1,9mx4,8m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio	Área 1,9mx6,72m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio	Área 1,9mx8,64m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio	Área 1,9mx10,56m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio
Baja	1-19	0,9	9,12	10	53%	12,768	14	75%	16,416	18	96%	20,064	22	117%
Media	20-39	0,9	9,12	10	26%	12,768	14	36%	16,416	18	47%	20,064	22	57%
Alta	>39	0,9	9,12	10	20%	12,768	14	28%	16,416	18	36%	20,064	22	45%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Evaluación Dimensionamiento de M10 para clima Lluvioso

Nivel de Demanda	Rango de usuarios	Capacidad m2/ Usuario	Módulos											
			Módulo 1			Módulo 2			Módulo 3			Módulo 4		
			Área 1,9mx 4,8m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio	Área 1,9mx 6,72m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio	Área 1,9mx 8,64m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio	Área 1,9mx 10,56m	Capacidad (Usuarios)	Tasa de Refugio
Baja	1-19	0,6	9,12	15	80%	12,768	21	112%	16,416	27	144%	20,064	33	176%
Media	20-39	0,6	9,12	15	39%	12,768	21	55%	16,416	27	70%	20,064	33	86%
Alta	>39	0,6	9,12	15	30%	12,768	21	43%	16,416	27	55%	20,064	33	67%

Fuente: Elaboración propia

La tasa de refugio se refiere a la cantidad de usuarios que se albergarían bajo cubierta del paradero, para evaluar el módulo óptimo según el nivel de demanda para condiciones de clima Seco y Nublado, considerando como los periodos en los que menor cantidad de usuarios se refugian bajo el paradero.

La determinación del tipo de módulo se toma partiendo de aquel modulo cuya dimensión proporcione una tasa de refugio aproximada al 50%, dando como resultado los siguientes Módulos:

Tabla 21. Módulos según Nivel de Demanda

Nivel de Demanda	Rango de usuarios	Tipo de Modulo	Tasa de Refugio	Dimensiones	
				Longitud (m)	Ancho (m)
Baja	1-19	1	53%	4,80	1,9
Media	20-39	3	47%	8,64	1,9
Alta	>39	3	36%	8,64	1,9
		4	45%	10,56	1,9

Fuente: Elaboración propia

La tasa de refugio bajo condiciones climáticas lluviosas mejora en un 30% aproximadamente debido a que los usuarios tienden a usar los paraderos como refugio y protección.

En la siguiente imagen se muestra la proyección de un paradero ubicado en la Carrera 7 No. 40 frente a la Universidad Distrital, en la cual se presenta nivel de demanda media con la implementación del actual M10 saturado y con una tasa de refugio bajo vs la situación en la que se proyecta la ampliación del M10.

Tabla 22. Paradero Cra 7 No. 40 situación Actual/ Situación deseada



Fuente: Elaboración propia

Los paraderos M10 actuales de la cartilla de Mobiliario Urbano (2007), se mantienen para los diseños propuestos que tienen las siguientes características:

- Estructura: Láminas y parales en acero Inoxidable mate visto
- Cubierta: Policarbonato traslucido curvo
- Basurero: Acero inoxidable
- Sillas: En láminas de acero Inoxidable mate visto, Tubo y platinas metálicas para el soporte de la banca

Para visualizar mejor se realizaron unas modelaciones de los diferentes Módulos en el programa de Google SketchUp. En la siguiente imagen se muestra la modelación del M10 según el rango de usuarios para Nivel de Demanda Bajo.

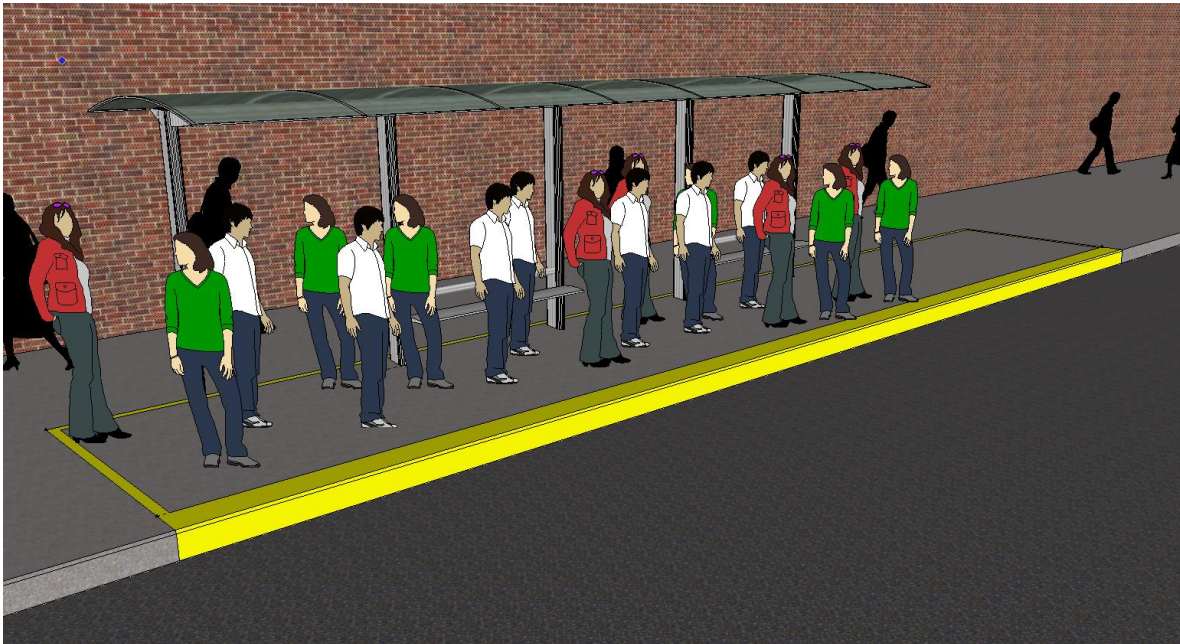
Figura 40. Modelación M10 Con Nivel de Demanda Baja



Fuente: Elaboración propia modelada en Google SketchUp

El módulo M10-3 se puede implementar para Niveles de Demanda Media y Alta, a continuación se presenta esta modelación, con el fin de visualizar su funcionamiento con un Rango de Usuarios para Nivel de demanda Media.

Figura 41. Modelación M10-3 Con Nivel de Demanda Alta y Media

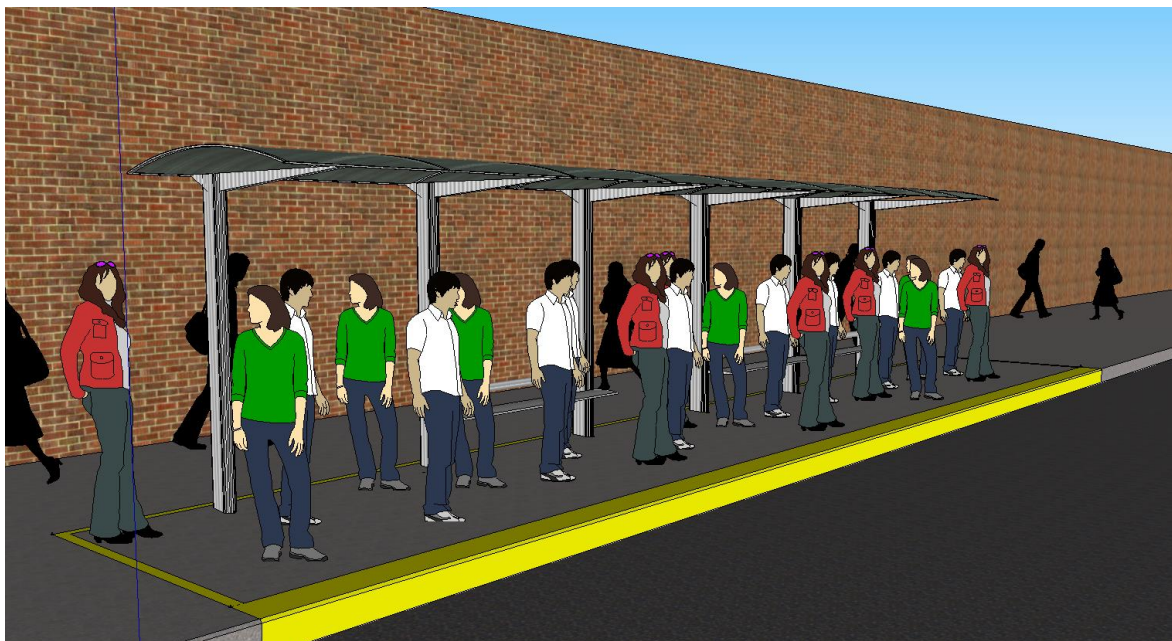


Fuente: Elaboración propia modelada en Google SketshUp

Finalmente también se hizo la modelación para el M10-4 que tiene una longitud total en cubierta de 10.56m, para alcanzar una tasa de Refugio del 45% a fin de lograr que los usuarios en estas condiciones cuentan con un espacio amplio para el confort de los estos.

El M10-4 se muestra en la modelación para un Rango de usuarios >39, es decir, con Nivel de demanda Alta.

Figura 42. Modelación M10-4 Con Nivel de Demanda Alta



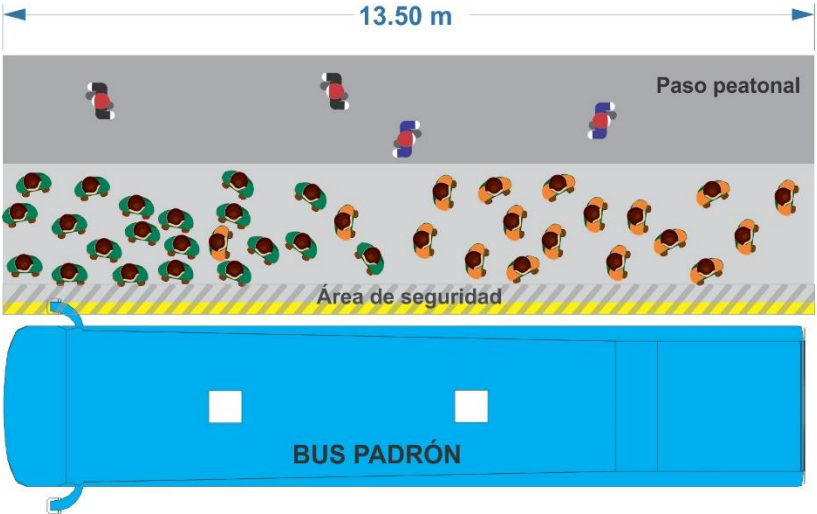
Fuente: Elaboración propia modelada en Google SketchUp

Por medio de las modelaciones se puede observar, que el Paradero M10, al adaptarse a las diferentes medidas puede generar confort para los usuarios en los diferentes Niveles de demanda Alta, Media y Baja.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El máximo nivel de servicio recomendado en la operación de las zonas de espera es el *LOS C*, este nivel de servicio permite albergar hasta 45 usuarios sin que estos presente conflictos al momento de abordar, aunque la circulación en este nivel de servicio es restringida, la percepción de usuario se encuentra dentro de un rango del confort.

Tabla 23. Nivel de servicio recomendado

NIVEL SERVICIO	Densidad m ² /usuario	DESCRIPCION
C	0,6 - 0,9	<p>La circulación restringida a través de la zona de espera es posible causando conflictos con otros usuarios. Esta densidad se encuentra dentro del rango del confort. Capacidad = 27 m²/ 0.6 m²/usuario</p> <p>Capacidad = 45 usuarios</p> 

Fuente: Elaboración propia

En términos general se puede considerar que el sistema de paraderos se encuentra operando en favorables condiciones en cuanto sus niveles de servicio en las zonas de espera, en donde el 95% de los paraderos presentan un nivel de servicio A, B y C, sin embargo, el 5% restante requiere de una especial atención y de acciones que mitiguen la saturación de usuarios en zonas de espera.

Los paraderos localizados en andenes con un ancho mayor a 2.5 m, cuentan con un área de circulación peatonal, lo que permite diferenciarla de la zona de espera del paradero, reduciéndose las fricciones entre estos actores. Situación diferente presentada en los paraderos con un ancho menor a 2.5 m, los cuales se ven afectados por los flujos peatonales, debido a que las zonas de espera son compartidas con el peatón, tendiendo a aumentar la saturación de las zonas de espera y la generación de conflictos de movilidad peatonal.

El procedimiento a seguir en el análisis de la demanda actual en la zona de espera, presenta los siguientes grandes componentes:

- Caracterización de la infraestructura del espacio público: se determinaron dos (2) tipologías de paraderos acorde ancho de anden, los mayores a 2.50 m y los menores o iguales a 2.5 m
- Calificación de la demanda actual de usuarios en paraderos con un ancho de anden >2.50 m (Tipo1), es la siguiente:

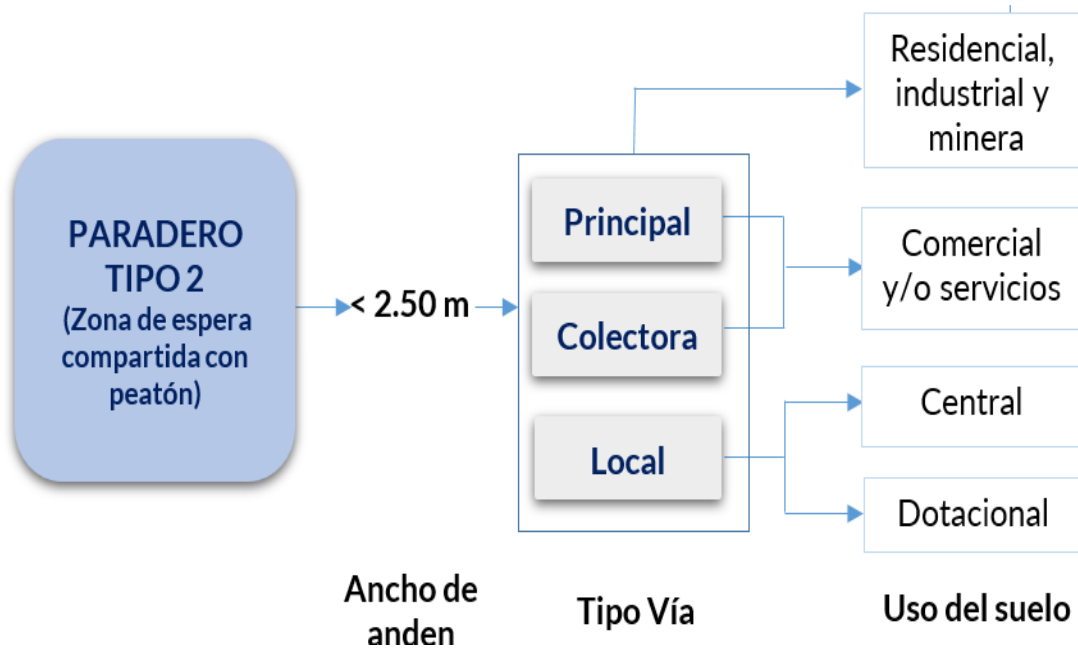
Figura 43. Calificación de la demanda en paraderos con ancho de anden > 2.50 m

Demanda Actual	Nivel de servicio
<22 usuarios	LOS A
23 - 30 usuarios	LOS B
31 - 45 usuarios	LOS C
46 - 90 usuarios	LOS D
90 - 135 usuarios	LOS E
>135 usuarios	LOS F

Fuente: Elaboración propia

- Para calificar la demanda actual de usuarios en paraderos con un ancho de andén <2.50 m (tipo 2) en donde la zona de espera es compartida con el peatón, se define una metodología que consiste en identificar la localización del paradero respecto al tipo de vía y al uso del suelo.

Figura 44. Clasificación vial y de usos del suelo en paraderos tipo 2



Fuente: Elaboración propia

Los paraderos localizados en vías principales y colectoras, en donde los usos del suelo sean comerciales y de servicios, se castigan el nivel de servicio de la zona de espera aumentándolo en una categoría.

En vías locales con uso del suelo Central y Dotacional, se castiga el nivel de servicio de la zona de espera aumentándolo en una categoría

Figura 45. Valores de la demanda en paraderos con ancho de andén < 2.50 m que requieren ser castigados en su nivel de servicio

Demanda Actual	Nivel de servicio
<22 usuarios	LOS B
23 - 30 usuarios	LOS C
31 - 45 usuarios	LOS D
46 - 90 usuarios	LOS E
90 - 135 usuarios	LOS F

Fuente: Elaboración propia

Los paraderos con usos del suelo Residencial, Industrial y minero, la calificación de los niveles de servicio no es castigada, debido a que se considera que los flujos peatonales en estos usos del suelo son mínimos y no afecta consistentemente la operación de las zonas de espera.

Los resultados más destacados en el diagnóstico y caracterización de la infraestructura y la operación de las zonas de espera de paraderos, se resumen a continuación:

- El 93% de los paraderos presentan una demanda baja y media (hasta 38 usuarios en el cuarto más cargado de la hora pico), sugiriendo este indicador que el sistema de paraderos en términos generales está operando en favorables condiciones de la demanda en las zonas de espera.
- El 47% de los paraderos se encuentran localizados sobre las vías principales
- El 87% de los paraderos se encuentran localizados en andenes con un ancho mayor a 2.5m, indicando que la mayoría de los paraderos con zonas de espera accesibles tienen favorables condiciones en cuanto al ancho de andén.

- El ancho de andén en vías principales tiende a ser mayor de 5,5m, y el ancho de andén en vías colectoras a ser menor de 4,5 m.

Finalmente se plantea una propuesta operacional para atender al 5% de los paraderos (138 paraderos) que presentan niveles de servicio D, E, F, por lo que se recomienda tomar las acciones operativas pertinentes para mejorar la calificación de estos paraderos. La propuesta operativa para estos paraderos, consiste en dividir estos en varios módulos (paraderos múltiples), de acuerdo con los siguiente parámetros:

Tabla 24. Propuesta de distribución de la demanda en módulos de parada

NIVEL DE SERVICIO	DEMANDA (usuarios)	# DE MODULOS	NIVEL DE SERVICIO ESPERADO
D	46 - 90	Módulo 1	B o C
		Módulo 2	C
E	91 - 135	Módulo 1	B o C
		Módulo 2	C
		Módulo 3	C
F	> 135	Módulo 1	C
		Módulo 2	C
		Módulo 3	C

Fuente: Elaboración propia

Para el presente estudio de los 6980 paraderos operativos del SITP, se seleccionaron 2964, correspondiente a los paraderos que cuentan con zonas duras accesibles para el usuario del SITP (Categoría 4) de acuerdo con la información suministrada por Transmilenio S.A., los restantes 4016 fueron descartados debido a que las condiciones de accesibilidad de los paraderos afectan su operación, por lo que se recomienda para futuros estudios interesados en conocer el comportamiento de la demanda de usuarios en las zonas de espera, realizar una valoración de las condiciones físicas del espacio público, en el que se tengan en cuenta los siguientes elementos:

- Condiciones de la superficie del suelo: Afirmado, capa vegetativa, mixta

- Estado de la zona dura: Bueno, regular, malo
- Obstáculos: descripción de los obstáculos y su localización (Postes, bolardos, jardineras, etc)
- Ancho de andén
- Accesibilidad: condiciones de la infraestructura de los andenes próximos a los paraderos, si cuentan con rampas, andenes consolidados, favorabilidad del acceso a personas con discapacidad

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] TRANSMILENIO S.A. (Noviembre 2018). Transmilenio en cifras (Informe No. 54). Recuperado de:
http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/estadisticas_de_oferta_y_demanda_bimensual_del_sistema_integrado_de_transporte_publico_sitp_mayo_junio_2018

[2] JING-QUAN LI. Match bus stops to a digital road network by the shortest path model. California, Universidad de California, Berkeley, Estados Unidos.2012

[3] LIU ZHIYUAN, YADAN YAN. Bus stop-skipping scheme with random travel time. Instituto de Estudios de Transporte, Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Monash, Clayton, Australia. 2012

[4] BOMIN BIAN, ZHU NING. Bus service time estimation model for a curbside bus stop. Instituto de Ingeniería de Sistemas. Facultad de Administración y Economía, Universidad de Tianjin, China. 2014.

[5] WEIHUA GU, MICHAEL J. CASSIDY. Mitigating negative impacts of near-side bus stops on cars. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de California, EE.UU. 2012

[6] DADEP, Cartilla de Lineamientos Técnicos para el Diseño de Mobiliario Urbano. Bogotá, Colombia. 2018

[7] NTC 4901-3 (2009-12-16) “vehículos para el transporte urbano masivo de pasajeros. Parte 3: autobuses convencionales”.

[8] CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTA. Asignación de usos a los suelos urbanos y de expansión. recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/2usos.html

[9] <https://paradaautobus.wordpress.com/2010/03/02/historia-paradas-de-autobus/>

[10] (<https://plazacapital.co/webs/produccion5/Transporte-publico-bogota/historia/Transporte.html>)

[11] TRANSMILENIO S.A. Parámetros para el diseño, adecuación y construcción de paraderos accesibles del SITP. Dirección Técnica de Modos Alternativos y Equipamientos Complementarios. 2017.

[12] MOLINERO, A. R. (Ed.4). (2002). Transporte Público Planeación, Diseño, Operación Y Administración, Universidad Autónoma de México, Mexico, ISBN

[13] Cal y Mayor, Rafael. Ingeniería de Transito, Septima edición, Co-editores, Asociación Mexicana de Caminos, A.C., y Representaciones y Servicios de ingeniería, S.A., Mexico, 1982.

[14] SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACION. Cartilla de Mobiliario Urbano. Actualización 2018. Dirección del taller del espacio público.

[15] SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD. RESOLUCIÓN 303 DE 2016. Por la cual se fijan las condiciones técnicas y de accesibilidad para los paraderos de transporte público en el marco del Sistema Integrado de Transporte Publico - SITP.

[16] Al-Mudhaffar, Nissan, Bang, (2016), Bus stop and bus terminal capacity. 2000.TransportationResearchBoard, Stockholm County Council..

[17] TRB (2000). Pedestrian and Bicycle Concepts, in Highway Capacity Manual HCM 2000.TransportationResearchBoard, Washington, D.C. Chapter 11 and 18. Análisis de la capacidad y niveles de servicio de las zonas de espera peatonal en intersecciones.

[18] Gu, Li, Cassidy, Griswold (2011). On the capacity of isolated, curbside bus stops.TransportationResearchBoard, Washington, D.C. Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Berkeley

[19] Gu, Cassidy, Gayah, Ouyang (2013). Mitigating negative impacts of near-side bus stops on cars, Transportation Research Board, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Berkeley.

[20] Ibeas, dell'Olio, Alonso, Sainz (2010). Optimizing bus stop spacing in urban areas, Transportation Research Board, Department of Transportation, University of Cantabria, Santander, Cantabria, Spain

[21] Tavaresa, Gálvezb, Albuquerquec, Almeidad, Barrose, Soaresf, Villaroucog (2015). Information ScienceDirect: a comparison between information systems at bus stops, Department of Transportation, Federal University of Pernambuco, Brazil

[22] Norma Técnica Colombiana NTC 5351. Accesibilidad de las personas al medio físico. Paraderos accesibles para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros. 2005

[23] VÁZQUEZ GUERRERO, M. Diseño De Paraderos En Transporte Publico. Mexico: Centro Universitario Querétaro. 2014

[24] FERNÁNDEZ, R. & VALENZUELA, E. Diagnóstico y diseño de facilidades al transporte público. Santiago de Chile: Universidad de Chile. (2002)

[25] MOLINERO, A., & SÁNCHEZ, L. Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. México: Universidad Autónoma de México. (2011).

[26] VEGA, P. La accesibilidad del transporte en autobús. Madrid (España): Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). (2006)

[27] TRANSPORT FOR LONDON. Accessible Bus Stop Design Guidance. Londres: Mayor of London. 2017

[28] SANDRA, J. & LIGIA T. Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2011

[29] MORENO, E. Caracterización de la capacidad y parámetros representativos de distintos sistemas de transporte público urbano bajo distinto tipo de infraestructura y grado de reserva de plataforma. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2011.

[30] JEREZ, S. Manual de Diseño de Infraestructura Peatonal Urbana. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2012