



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Preferencias y determinantes de
viaje en los usuarios de Transporte
Público en la planeación de los SETP
en Colombia:
Una revisión del caso para la ciudad de
Pasto**

Pablo Alejandro Montenegro Guerrero

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Bogotá D.C., Colombia

2023

Preferencias y determinantes de viaje en los usuarios de Transporte Público en la planeación de los SETP en Colombia:

Una revisión del caso para la ciudad de Pasto

Pablo Alejandro Montenegro Guerrero

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de
Magister en Ingeniería - Transporte

Director:

MSc Luis Felipe Lota

Codirector (a):

PhD. César Augusto Ruiz Rojas

Línea de Investigación:

Políticas y Planeación de la Movilidad y el Transporte

Grupo de Investigación:

Programa de Investigación de Tránsito y Transporte – PIT

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Bogotá D.C., Colombia

2023

*“Porque mis pensamientos no son vuestros pensamientos,
ni vuestros caminos mis caminos—declara el Señor.
Porque como los cielos son más altos que la tierra,
así mis caminos son más altos que vuestros caminos,
y mis pensamientos más que vuestros pensamientos”*

Isaías 55, 8-11

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios que, con mano tibia y fuerte, me cuida y me sostiene. Todo es para su gloria y honor.

A mi madre bella, Elysa, que con su amor, consejo y oración me muestra el mejor reflejo de la sonrisa del Creador.

A mi padre querido que tanto extraño y desde el Cielo me cuida, Carlos, que me invitó a caminar siempre con la cabeza en alto.

A mi esposa amada, Carolina, que es mi cómplice, mi compañera, mi impulso y mi alegría. Gracias por tu apoyo, acompañamiento y motivación.

A mis hermanos, Mauricio, Ana y Daniel, y sus familias, que con su ejemplo y cariño me invitan a caminar con tesón y abnegación.

A mis amigos, Wladimir, Óscar Julián, Luis y Rashid. Gracias por cada lección, por cada risa, por cada consejo.

A mis directores de este trabajo, Luis Felipe y César, por su apoyo, paciencia y orientaciones.

A la UAE AVANTE SETP, por permitirme emplear como soporte de este trabajo los resultados de la estructuración del sistema de 2015.

RESUMEN

Preferencias y determinantes de viaje en los usuarios de Transporte Público en la planeación de los SETP en Colombia: Una revisión del caso para la ciudad de Pasto

La necesidad de reorganizar y robustecer el servicio de transporte público colectivo en las ciudades de Colombia motivó la formulación de Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) para las ciudades intermedias. Los SETP incluyen cambios en la oferta que pueden influir en la decisión de viaje de los potenciales usuarios. En este trabajo, se adelantó una aproximación para caracterizar la sensibilidad de potenciales usuarios del nuevo SETP, frente a cambios en las condiciones de la oferta: determinantes de demanda individual.

Así, se inició con un análisis de frecuencias de los datos de la encuesta de preferencias reveladas y declaradas para el SETP de la ciudad de Pasto (2015), comparando la frecuencia relativa de la disponibilidad a viajar versus los tiempos de acceso, según grupos de edad; encontrando que la mayor susceptibilidad se encuentra con respecto al aumento en los tiempos de caminata. Posteriormente, ante el amplio número de variables en la encuesta, se aplicó el Análisis de Componentes Principales para resumir la información de las preferencias declaradas y construir índices sintéticos de Disponibilidad de uso y Valoración del servicio del nuevo SETP; estos resultados se contrastaron según características socioeconómicas de los encuestados. Se encontró que los encuestados tienen una disponibilidad media a usar el nuevo sistema; sosteniendo una baja valoración de posibles mejoras en el servicio.

Los resultados son insumo para afinar las características de implementación del SETP.

Palabras clave: Comportamiento de viaje, preferencias declaradas, transporte público, demanda individual, análisis discreto, componentes principales, índices sintéticos.

ABSTRACT

Preferences and travel determinants in public transport users in the planning of SETPs in Colombia: A review of the case for the city of Pasto

The need to reorganize and strengthen transit service in Colombian cities brought to the formulation of Strategic Public Transport Systems (SETP, by its Spanish acronym) for intermediate cities. SETPs include changes in the offer that can influence the travel decision of potential users. This work contains an approximation to characterize the sensitivity of the potential users of the new SETP, regarding changes in supply conditions: determinants of individual demand.

Thus, it began with a frequency analysis of the data from the survey of revealed and stated preferences for the SETP of Pasto city (2015), comparing the relative frequency of willingness to travel versus access times, according to age groups; finding that the greatest susceptibility is found with respect to the increase in walking times. Subsequently, given the large number of variables in the survey, the Principal Component Analysis was applied to summarize the information of stated preferences and build synthetic indices of Availability of use and Appreciation of the new SETP service; these results were contrasted with respect to the socioeconomic characteristics of the respondents. It was found that potential users have a medium availability to use the new system and they have a low appreciation of possible improvements in the service.

The results are input to refine the implementation characteristics of the SETP.

Keywords: Travel behavior, stated preferences, public transport, individual demand, discrete analysis, principal components, synthetic indices

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
CONTENIDO	XI
LISTAS ESPECIALES	XIII
SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	XV
INTRODUCCIÓN	1
1 EL SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO: UNA APUESTA POR LA FORMALIDAD Y LA EFICIENCIA	5
1.1 Contexto y Antecedentes: PNTU y los SETP.....	5
1.2 El SETP para la Ciudad de Pasto	12
2 REVISIÓN CONCEPTUAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL USUARIO EN LA PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE	17
2.1 Caracterización de la demanda individual en la planeación del transporte	17
2.2 Encuestas de Preferencias Reveladas y Preferencia Declaradas para la caracterización de la demanda individual	21
3 ENCUESTA DE PREFERENCIAS REVELADAS Y DECLARADAS EN LA ESTRUCTURACIÓN DEL SETP DE PASTO	27
3.1 Módulo de Preferencias Reveladas (PR) en la encuesta de preferencias en la estructuración del SETP de Pasto	28
3.2 Módulo de Preferencias Declaradas (PD) en la encuesta de preferencias en la estructuración del SETP de Pasto	30
3.3 Caracterización de las variables a partir de los resultados de la encuesta	34
4 REVISIÓN DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LAS EXPECTATIVAS DE LOS POTENCIALES USUARIOS EN FUNCIÓN DE LAS DINÁMICAS EN LAS DETERMINANTES DE LA DEMANDA INDIVIDUAL	37
4.1 Descripción del ejercicio de revisión de los posibles cambios en las expectativas de los potenciales usuarios del SETP mediante comparación de variables.....	38

4.2	Posibles cambios en las expectativas de los potenciales usuarios respecto a variaciones en los tiempos de acceso al nuevo SETP, como determinantes de la demanda individual	40
5	DISPONIBILIDAD DE USO Y VALORACIÓN DE MEJORAS DEL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE – ÍNDICES SINTÉTICOS PARA CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS VIAJEROS	47
5.1	El Análisis Multivariado como una herramienta para el procesamiento y síntesis de datos	49
5.2	Construcción Índices de Disponibilidad de Uso y Valoración del Servicio del nuevo SETP	51
5.2.1	Preparación de los datos	53
5.2.2	Cálculo de la matriz de correlación – Correlaciones policóricas.....	54
5.2.3	Aplicación de Análisis de Componentes Principales (ACP)	56
5.2.4	Cálculo de los Índices de Disponibilidad de Uso (IDU) y Valoración del Servicio (IVS) con respecto al nuevo SETP	58
5.3	Sensibilidad en la decisión de viaje de los usuarios. Análisis de Resultados Índices Sintéticos	59
5.3.1	Sensibilidad respecto al medio de transporte del encuestado	64
5.3.2	Sensibilidad respecto a la edad	65
5.3.3	Sensibilidad respecto a la ocupación.....	66
5.3.4	Sensibilidad respecto al estrato socioeconómico.....	67
6	RECOMENDACIONES	69
6.1	Recomendaciones generales	69
6.2	Recomendaciones respecto a la implementación del SETP de Pasto	71
7	CONCLUSIONES	77
8	BIBLIOGRAFÍA	81
9	ANEXOS.....	85
A.	Anexo I.....	87
B.	Anexo II.....	89
C.	Anexo III.....	91

LISTAS ESPECIALES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Problemática del transporte público urbano de pasajeros.....	6
Figura 2. Marco de política y marco normativo PNTU.....	8
Figura 3. Objetivos de los SETP.....	10
Figura 4. Objetivos SETP de Pasto conforme documento CONPES 3549 de 2008.....	12
Figura 5. Trazado de rutas servicio de transporte público colectivo en la ciudad de Pasto en 2015.	14
Figura 6. Factores que inciden en la demanda de transporte público.....	20
Figura 7. Limitaciones encuestas de preferencias reveladas y declaradas.....	23
Figura 8. Formato de encuesta PR y caracterización socioeconómica. (a) Vista general, (b) ampliación Características del Viaje, (c) ampliación Características del Pasajero.....	29
Figura 9. Nuevas características SETP Pasto.....	31
Figura 10. Formato de encuesta PD.....	33
Figura 11. Caracterización de Variables.....	35
Figura 12. Probabilidad de uso del sistema por grupos de edad. (izq) esperando menos de 3 min; (der) esperando hasta 20 min.	40
Figura 13. Frecuencia relativa disponibilidad a usar el nuevo SETP, con probabilidad del 100%.....	41
Figura 14. Proporción de personas dispuestas a usar con probabilidad del 100% el nuevo SETP, por grupo de edad: (a) tiempo de espera, (b) tiempo de caminata, (c) tiempo de compra/recarga.....	43
Figura 15. Distribución grupos de edad.....	44
Figura 16. Diagrama de flujo para el cálculo de índices sintéticos con ACP.....	52
Figura 17. Resultados valores propios obtenidos de la aplicación de ACP en STATA®.	56
Figura 18. Resultados índices de disponibilidad de uso y de valoración a la calidad del servicio en la muestra.....	60
Figura 19. Índices sintéticos de disponibilidad de uso y valoración del servicio versus variables reveladas.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo compilación de preguntas y respuestas en Base de Datos de referencia.....	33
--	----

Tabla 2. Nomenclatura variables Cambios de los determinantes de la demanda individual.....	53
Tabla 3. Matriz de coeficientes de correlación a partir de APC	57
Tabla 4. Estadística descriptiva para los resultados de los índices sintéticos	61

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ACP: Análisis de Componentes Principales

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social

ETLF: Estructuración Técnica, Legal y Financiera

IDU: Índice de Disponibilidad de Uso

IVS: índice de Valoración del Servicio

PD: Preferencias Declaradas

PR: Preferencias Reveladas

PNTU: Política Nacional de Transporte Urbano

PND: Plan Nacional de Desarrollo

SETP: Sistema Estratégico de Transporte Público

SITM: Sistema Integrado de Transporte Masivo

TPC: Transporte Público Colectivo

UAE: Unidad Administrativa Especial

UT: Unión Temporal

INTRODUCCIÓN

Con más de 20 años, la Política Nacional de Transporte Urbano en Colombia ha buscado consolidar sistemas de transporte público colectivo y masivo en las ciudades del país, buscando la mitigación de grandes debilidades en la prestación del servicio que se han acumulado bajo el modelo tradicional. Con la implementación de los sistemas de transporte público se ha procurado atender problemáticas como sobreoferta en la flota, obsolescencia del parque automotor, infraestructura deficiente, inequitativa y subutilizada, concentración de rutas, esquemas empresariales e institucionales débiles, entre otros (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2002).

En este marco, y como una apuesta aterrizada a las ciudades intermedias del país, surgieron los Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP), como soluciones flexibles que permitieran una mejor planeación, gestión y control de la operación del transporte público colectivo, favoreciendo la formalización y eficiencia en la prestación del servicio (Presidencia de la República, 2009).

En el marco de lo expuesto, como hipótesis de este trabajo se contempló que los esquemas de servicio propuestos para los SETP integran nuevas condiciones en la prestación del servicio, contemplando por ejemplo una operación con paraderos fijos, reducción de sobreoferta, vinculación de un medio electrónico de pago, esquemas de rutas ramificados y alimentados, entre otros, que si bien buscan eficiencia en la operación, su implementación podría conllevar respuestas adversas en los usuarios acostumbrados a condiciones de oferta del servicio con menores condicionantes.

De esta manera, conocer las preferencias de los potenciales usuarios para caracterizar su comportamiento y decisiones, de manera desagregada, aparece como una herramienta técnica clave para identificar la incidencia que pueden llegar a tener cambios en las determinantes de la demanda individual. En tanto que, la planeación de transporte tradicionalmente se ha basado en modelos agregados (Ortúzar & Román, 2003), se encuentra una oportunidad provechosa de encontrar nuevas alternativas que permitan

acercarse al análisis de condicionamientos de la demanda de los sistemas de transporte, entendiendo el comportamiento del individuo.

Lo anterior, teniendo en cuenta que “el usuario se desplaza entre los puntos de origen y destino de un viaje para llevar a cabo alguna (...) actividad (trabajo, estudios, ocio, etc.). Por tanto, se desea invertir en el trayecto la menor cantidad de tiempo posible, ya que el tiempo de viaje le supone una desutilidad” (Rus, Campos, & Nombela, 2003). Cada uno de estos nuevos componentes en la oferta del SETP, inciden entonces, en mayor o menor proporción, en la decisión de viaje de los potenciales usuarios.

En este sentido, el problema por resolver en este trabajo corresponde a:

Desconocimiento de la manera en que las nuevas características del SETP inciden en la decisión de viaje de los usuarios de transporte público, en función de los cambios en los determinantes de la demanda individual.

Para aplicar lo comentado, se trabaja en un caso de referencia al SETP de la ciudad de Pasto, como referente para el resto de los sistemas estratégicos del país.

En este orden de ideas, se estableció como objetivo general del presente trabajo: caracterizar los factores y las condiciones que determinen posibles cambios en la decisión de viaje de los usuarios de transporte público en función de las dinámicas de modificación de algunas determinantes de la demanda individual, ante las nuevas características de la oferta del SETP de la ciudad de Pasto, con el fin de establecer un marco de recomendaciones para el ajuste del esquema de servicio planteado para el sistema de transporte.

Así, de manera específica se tuvo por objetivos:

1. Identificar las determinantes de la demanda individual que mayormente se ven condicionadas por cambios en las características de la oferta del SETP, mediante la exploración teórica y conceptual de los enfoques de definición y estimación de la demanda individual y agregada de los sistemas de transporte público.

2. Definir, compilar y establecer una base de referencia respecto a las preferencias de los usuarios de transporte público de la ciudad de Pasto.
3. Definir y desarrollar un procedimiento metodológico de análisis para la generación de un modelo que permita medir la sensibilidad de las determinantes priorizadas en función de las nuevas características de la oferta del SETP.
4. Establecer un marco de recomendaciones para el afinamiento del diseño operacional del SETP.

En este sentido, como aproximación metodológica para responder a los objetivos propuestos para este trabajo de grado, fue importante realizar, en primer lugar, una caracterización de las nuevas medidas que se aplicarían con la implementación del SETP, a partir de los objetivos planteados por la política pública y diseños conceptuales correspondientes, identificando las determinantes de la demanda individual que podrían modificarse como consecuencia de la implementación del sistema. A partir de esto, se adelantó una revisión de un marco general de literatura que permitiera entender antecedentes respecto a la hipótesis del trabajo, así como puntos de base conceptual respecto al análisis del comportamiento y preferencias de los viajeros.

A partir de esto, y a través de información secundaria proveniente de los estudios de estructuración de detalle del SETP de la ciudad de Pasto (UT Mobilé - Icovías, 2015), se agregaron los resultados de las preferencias reveladas y declaradas de potenciales usuarios del SETP, partiendo de una identificación y clasificación de las variables de análisis.

Posteriormente, con base en el análisis y procesamiento de la información compilada, se definió el procedimiento de análisis que permitiría una caracterización de la manera en que las nuevas medidas en la oferta, identificadas en un primer momento, inciden en la disponibilidad de uso del nuevo sistema y su valoración de mejoras en el servicio. Esto, a través de la construcción de índices sintéticos a partir de la aplicación de análisis estadísticos multivariados.

Con esto, se generaron recomendaciones generales respecto a la oportunidad de integrar análisis desagregados de la demanda en la estructuración e implementación de los sistemas de transporte del país, así como recomendaciones respecto a los parámetros de diseño operacional para que la implementación del nuevo sistema de transporte

represente una alternativa mucho más incluyente y efectiva para la ciudadanía, y de esta forma, contribuir a su sostenibilidad.

La metodología empleada permitió encontrar un procedimiento ordenado para extraer indicadores de referencia capaces de resumir información resultante de una amplia cantidad de variables obtenidas de un ejercicio de muestreo de las preferencias de los potenciales usuarios (reveladas y declaradas). No obstante, los resultados obtenidos reflejan las condiciones y consideraciones del momento en que se realizó la estructuración del sistema (2015). Por lo que se encuentra completamente oportuno, para fines comparativos, que se pudiera realizar un ejercicio de campo actualizado, que permita identificar modificaciones en el comportamiento de los pastusos en el tiempo, así como un afinamiento de las recomendaciones generadas.

1 EL SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO: UNA APUESTA POR LA FORMALIDAD Y LA EFICIENCIA

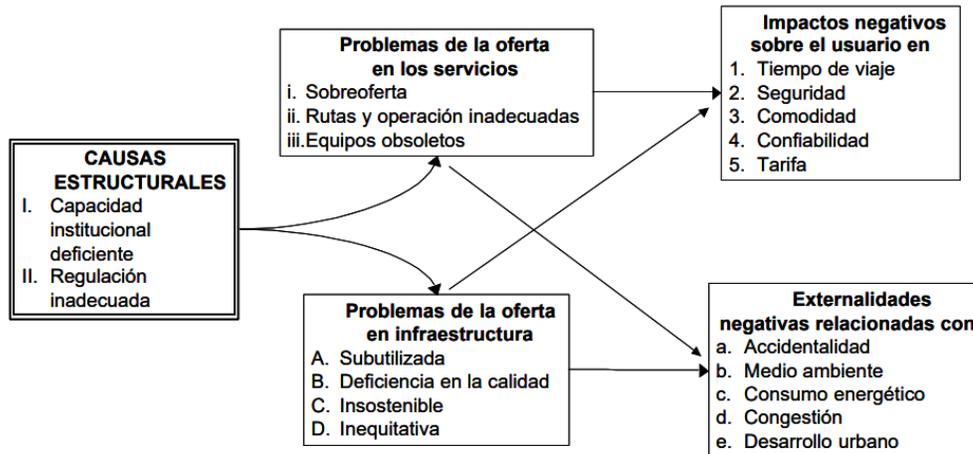
En el desarrollo de este capítulo se presenta una aproximación inicial al contexto y antecedentes de la Política Nacional de Transporte Urbano (PNTU), compilada ahora en la Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional, y de los Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP), pasando por una referencia sucinta respecto al SETP de Pasto, como caso de estudio del presente trabajo.

1.1 Contexto y Antecedentes: PNTU y los SETP

Desde comienzos de la década de los 2000, Colombia viene implementando la denominada Política Nacional de Transporte Urbano (PNTU), con el propósito de mejorar las condiciones de prestación del servicio de Transporte Público de Pasajeros en las ciudades del país. En este sentido, el gobierno nacional, bajo las potestades que le brindaba la Ley 310 de 1996, y posterior normatividad, ha venido cofinanciando la implementación de sistemas integrados de transporte público para ciudades principales e intermedias del país.

A través del documento Conpes 3167 de 2002, se diagnostican las principales deficiencias de la prestación del servicio de transporte público urbano de pasajeros en las ciudades del país, encontrando amplias brechas para asegurar eficiencia, efectividad y confiabilidad. En general, se destacaron problemáticas en la oferta, tanto en los servicios, como en la infraestructura, que desencadenan impactos negativos sobre los usuarios y externalidades al entorno urbano, como se aprecia en la Figura 1.

Figura 1. Problemática del transporte público urbano de pasajeros



Fuente: Tomado de CONPES 3167 (2002, pág. 2).

Esta descripción de la problemática del transporte público urbano de pasajeros ha sido ampliamente reconocida y aplica, ajustada a características particulares, en la mayoría de las ciudades y centros poblados del país. Es por esto, que, durante los últimos 20 años, se ha puesto en marcha y se ha ido madurando una política de intervención y promoción que migra del transporte público colectivo tradicional a la operación de los sistemas de transporte del país.

En este sentido se definieron, en su momento, dos tipos de sistemas de transporte público cofinanciables a nivel urbano.

(...) se entiende como: Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) las soluciones de transporte público para municipios o áreas metropolitanas con población superior a los 600.000 habitantes; Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP), las soluciones de transporte público para municipios o áreas metropolitanas con población entre los 600.000 y los 250.000 habitantes; Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP), las soluciones de transporte que busquen proporcionar cobertura al 100% de la demanda de transporte urbano para

municipios o áreas metropolitanas donde se han implementado los SITM (...)
(Congreso de la República de Colombia, 2015).

Es así como, conforme a las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Departamento Nacional de Planeación, 2019), se adelanta la implementación de 15 sistemas de transporte público organizado, de los cuales 7 están en operación (SITM), y los 8 restantes (SETP) trabajan en su puesta en marcha. En adición, recientemente en diciembre de 2020, se aprobó el documento CONPES 4017 avalando la cofinanciación del SETP para la ciudad de Ibagué.

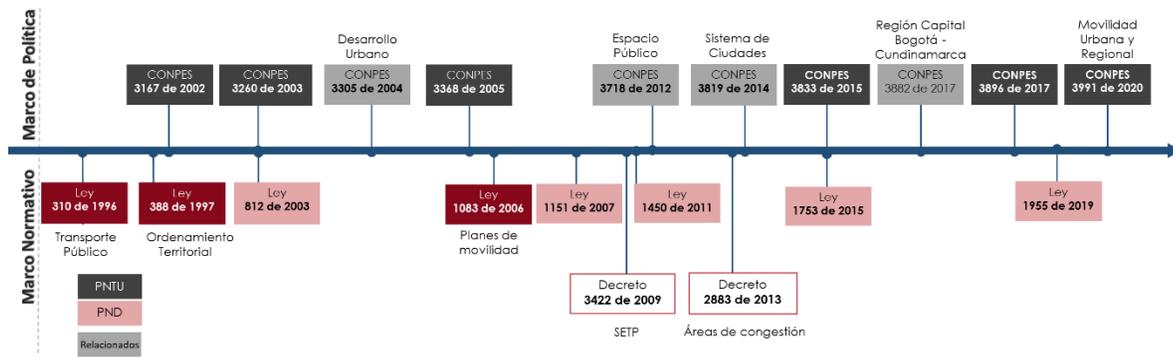
En la actualidad, conforme a la Ley 1955 de 2019, “estos sistemas podrán ser: i) Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) entendidos como aquellos que cuentan con infraestructura segregada para su uso exclusivo y cuyos agentes operadores y de recaudo sean concesionados o públicos; ii) Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) como servicios de transporte colectivo integrados; iii) Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP) conformados por más de un modo o medio de transporte público integrados operacional y tarifariamente entre sí (...)” (Congreso de la República de Colombia, 2019).

Por lo tanto, a partir de las primeras experiencias de implementación de dichos sistemas, ha ido evolucionando el marco de política y marco normativo que intentan aterrizar las necesidades propias de cada tipo de intervención, así como aprender de las experiencias adquiridas en los procesos de implementación y puesta en marcha. Dentro de este proceso de maduración se puede evidenciar cómo en los documentos de política de referencia, como en los últimos dos planes de desarrollo (2014-2018 y 2018-2022) el gobierno nacional ha venido ajustando premisas, directrices y marcos de trabajo, intentando dar respuesta a la evolución que han tenido los proyectos y el entendimiento de los mismos, de cara a las condiciones cambiantes respecto a los primeros marcos de política en este sector. Esto se puede validar igualmente en el documento CONPES 3991 de 2020, sobre la Política Nacional de Movilidad Urbana y regional, el cual retoma la PNTU y la potencia bajo un enfoque de integralidad, inclusión y sostenibilidad, trascendiendo de los sistemas de transporte a una perspectiva más amplia de planeación y gestión sobre la movilidad en los entornos urbanos e interurbanos.

Es así como, para los sistemas de transporte público la transformación de referentes de política pública, como pasar de la “autosostenibilidad” a la sostenibilidad de la operación

de los sistemas, la delimitación y caracterización de los tipos de sistemas cofinanciables, la cofinanciación de elementos adicionales a la infraestructura y servicio a la deuda – tecnología y flota –, así como la búsqueda de fuentes alternativas de financiamiento y estabilización de tarifa¹, revelan algunas de las oportunidades de ajuste que se ha dado a la PNTU.

Figura 2. Marco de política y marco normativo PNTU



Fuente: Elaboración propia con base en Preparación Nueva Política de Movilidad Urbana (DNP, 2017).

Con todo esto, se ha buscado, para el transporte público de pasajeros en las ciudades del país, la mitigación de los mencionados “impactos negativos sobre los usuarios y las externalidades generadas por su funcionamiento” (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2002), procurando el mejoramiento de la infraestructura vial y de apoyo a la operación, la inclusión de tecnología para la gestión y regulación, y un esquema

¹ El gobierno nacional ha buscado generar insumos técnicos que le permitan retroalimentar y robustecer los planteamientos y líneas de ejecución de la PNTU. Específicamente, con respecto a la sostenibilidad de los sistemas de transporte, por ejemplo, el DNP desarrolló estudios de consultoría para construir estructuras tarifarias estables que, con base en análisis de las capacidades de pago de los usuarios, se establezca un marco de financiamiento alternativo, con el propósito de mantener niveles de servicio favorables. Para el caso de la ciudad de Pasto, vale destacar el estudio “Revisar las estructuras tarifarias del sector transporte público urbano de pasajeros (no individual) y dar lineamientos para su formulación, en un marco de eficiencia operacional, calidad del servicio, costeabilidad de la tarifa por parte del usuario, y sostenibilidad financiera de la operación”, elaborado por el Departamento Nacional de Planeación, en el 2014.

institucional mucho más robusto (Congreso de la República de Colombia, 2015), en una interacción regulada entre los actores públicos, como privados.

El caso de los SETP

En el sentido de lo anterior, la problemática sugerida por el Conpes 3167 de 2002 también aplicaba para las ciudades intermedias, por lo que, para el caso de los SETP, que si bien estaban vagamente sugeridos en la PNTU (2002), a través de la Ley 1151 de 2007, por la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, se estableció el marco de apoyo del gobierno nacional para la implementación de estos sistemas². Los documentos Conpes 3548 y 3549 de 2008, dieron marco a los sistemas de Santa Marta y Pasto, respectivamente, siendo los primeros sistemas en lograr la cofinanciación de la nación. Posteriormente, se suman a esta lista otras 9 ciudades intermedias en el país en contar con el apoyo de la nación para implementar su SETP³. Por su parte, el Decreto Nacional 3422 de 2009⁴, por el cual se reglamentaron los Sistemas Estratégicos de Transporte Públicos (SETP) de conformidad con la Ley 1151 de 2007, marcó las principales características que debían adoptar los SETP en las ciudades donde el gobierno nacional cofinancia su implementación.

De esta manera, ante los impactos al usuario y las externalidades del servicio tradicional de transporte público de pasajeros en estas ciudades, los SETP procuran responder con una racionalización y reorganización del servicio, procurando la consolidación de una movilidad segura, equitativa, integrada, eficiente, accesible y ambientalmente sostenible, en cada una de las ciudades donde se implementen (Presidencia de la República, 2009). Con una estructura mucho más flexible que los SITM,

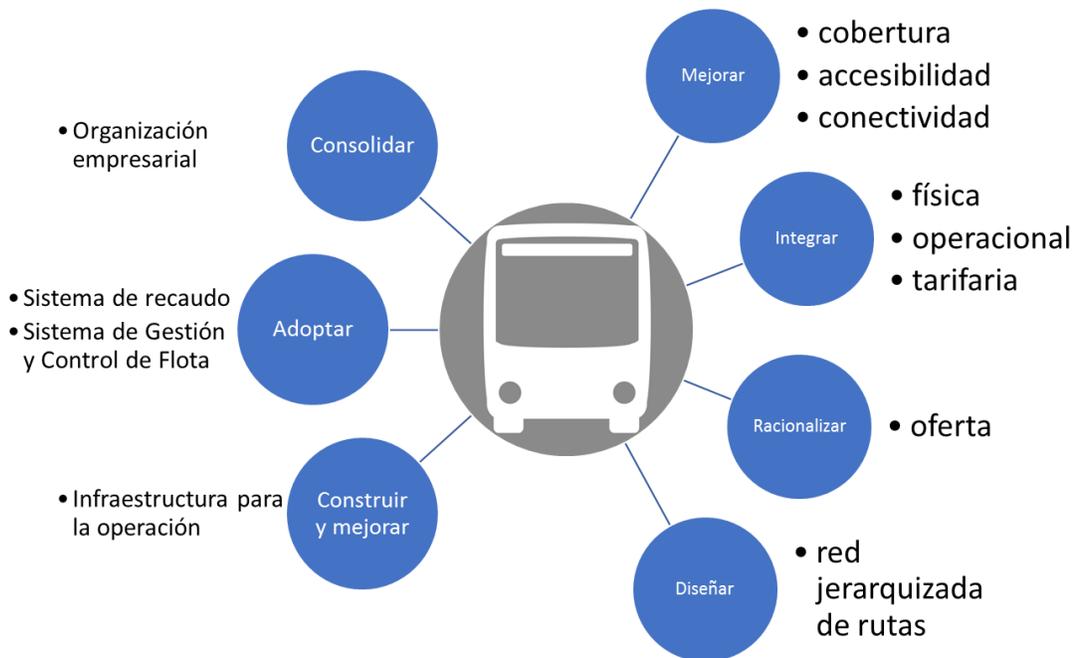
² Artículos 6 y 52, Ley 1151 de 2007

³ Conpes 3572 SETP Armenia
Conpes 3602 SETP Popayán
Conpes 3637 SETP Sincelejo
Conpes 3638 SETP Montería
Conpes 3656 SETP Valledupar
Conpes 3756 SETP Neiva
Conpes 4017 SETP Ibagué

⁴ Incorporado por el Decreto 1079 de 2015, Sección 2.

los SETP abordan la problemática bajo la apuesta de alcanzar mayor eficiencia en el balance de la oferta y la demanda en su operación, persiguiendo los objetivos que se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Objetivos de los SETP



Fuente: Elaboración propia a partir de Presidencia de la República (2009).

Estos objetivos buscan, desde una perspectiva general, mitigar los mencionados impactos negativos sobre el usuario, producto de la obsolescencia del modelo tradicional, buscando eficiencia en el servicio, mayor comodidad y seguridad, así como una reducción de costos de operación y la generación mejor infraestructura, sostenible y eficiente. No obstante, desde una perspectiva más específica de cara al usuario, la implementación de los SETP, bajo el modelo planteado por la PNTU⁵, puede generar otros impactos,

⁵ Bajo un contexto actual de facilidad de acceso a un vehículo particular (moto o automóvil), y la existencia de medios alternativos de transporte, formales e informales.

relacionados con el “comportamiento de los usuarios”, al momento de tomar su decisión de viajar. Esto es, los cambios que trae la formalización y regulación del transporte público urbano de pasajeros en la prestación del servicio, y por lo tanto, de su oferta, pueden generar, o no, una oportunidad para elegir al SETP como su medio de transporte para viajar.

De los siete objetivos mostrados en la Figura 3, se encuentran cambios en la oferta del servicio de transporte público de pasajeros que, si bien buscan la consolidación de un sistema más eficiente y sostenible, pueden representar obstáculos de acceso y uso para los usuarios, acostumbrados a las condiciones de la operación del servicio convencional.

El nuevo esquema de servicio trae, entre otras, mejoras como infraestructura más segura, flota renovada más sostenible y accesible, puntualidad, etc., que permiten mejorar indicadores de seguridad vial, reducir índices de contaminación y de congestión. No obstante, desde una aproximación individualizada, con respecto al servicio que tradicionalmente se ha tenido, el SETP podría representar para el usuario mayores caminatas, tiempos de espera, tiempos de trasbordo, compra y recarga de medio de pago electrónico, entre otros condicionantes que el usuario puede identificar como restricciones para hacer su viaje en el servicio de bus, considerando que los pasajeros son más sensibles al tiempo fuera del vehículo (Krizek & El-Geneidy, 2007). El balance entre estos condicionamientos y las bondades de la operación del nuevo servicio permitirá al planeador y tomador de decisiones configurar un SETP atractivo para los usuarios.

Al final, los beneficios para los usuarios, que son evaluados de manera individual, se pueden evaluar de manera agregada como beneficios del sistema.

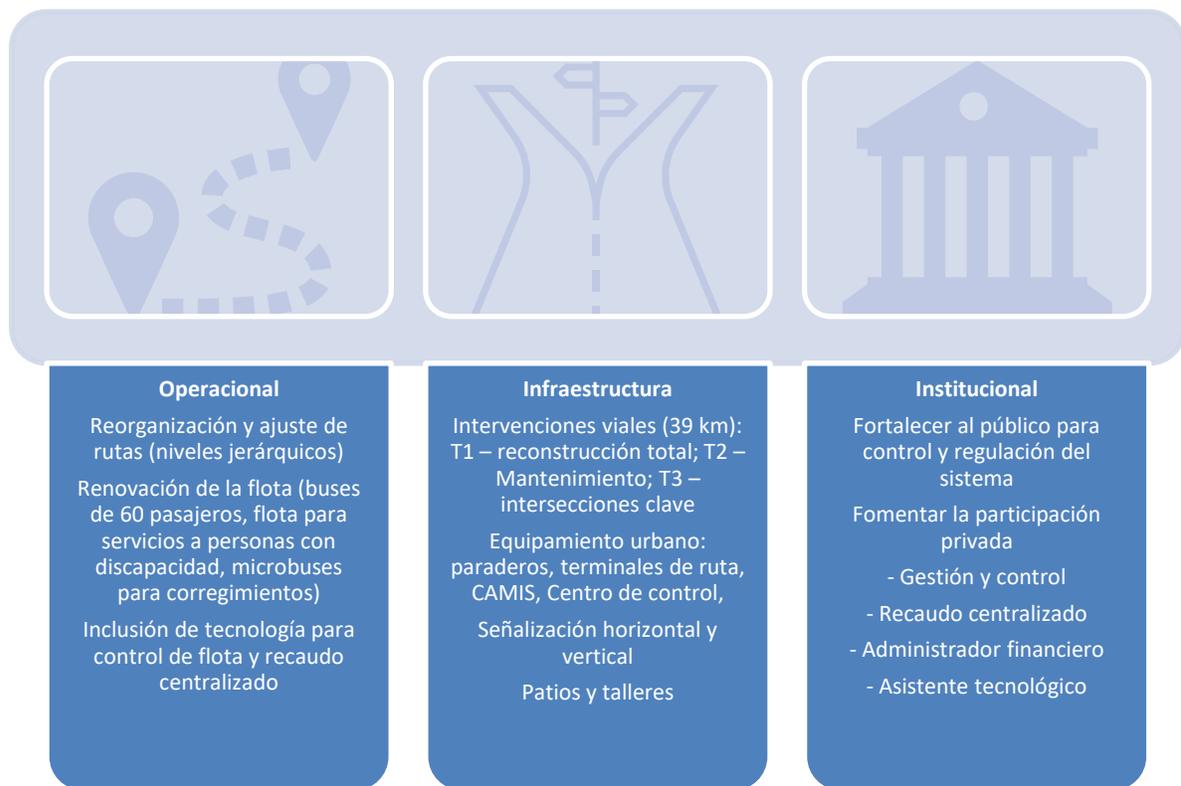
“Estas estimaciones permiten realizar una correcta evaluación de proyectos de inversión en el sector transporte y el análisis costo-beneficio de políticas de transporte urbano, en el cual los ahorros de tiempo de viaje y espera se consideran como los beneficios económicos del proyecto y que por medio de la valoración de esos ahorros de tiempo pueden evaluarse en términos monetarios” (Pompilio Sartori, 2006).

1.2 El SETP para la Ciudad de Pasto

Como se mencionó, el documento CONPES 3549 de 2008⁶ contiene la caracterización y lineamientos de implementación del Sistema Estratégico de Transporte Público para la ciudad de Pasto.

El mencionado documento CONPES presentó para el proyecto del SETP, objetivos de carácter operacional, de infraestructura e institucional, que se agregan en la Figura 4.

Figura 4. Objetivos SETP de Pasto conforme documento CONPES 3549 de 2008



Fuente: Elaboración propia.

⁶ El documento CONPES 3682 de 2010 incluye un seguimiento y modificación, ajustando el alcance en infraestructura.

En 2010, se aprobó el documento CONPES 3682 de seguimiento, incrementando el alcance en infraestructura⁷, y actualizando los cronogramas previstos en el documento CONPES inicial.

Una vez firmado el convenio de cofinanciación entre el gobierno nacional y el municipio de Pasto, tal como lo compila el estudio de Estructuración Técnica, Legal y Financiera de Detalle del SETP para la ciudad de Pasto (ETLF), elaborada en 2015, dentro de las primeras acciones de implementación del sistema, en 2010, se adelantó por parte de las autoridades locales una etapa de preoperación (conforme lo orientaban los estudios conceptuales disponibles y el documento CONPES), donde se intentó implementar el nuevo sistema de rutas jerarquizado propuesto. No obstante, respecto a las rutas diseñadas en su momento por los estudios conceptuales, se encontró que, en la práctica en 2015, pese a que se hizo el ajuste de nombres de las rutas, las empresas transportadoras conservaban trazados y programaciones similares a las tradicionales.

De esta manera, operacionalmente, en la ETLF se encontró que el servicio se prestaba en su momento por cuatro empresas transportadoras, con 494 buses (70% busetas, 24% buses, 6% busetones), con una cobertura espacial del 100%, a través de 23 rutas: 7 estratégicas y 16 complementarias (Ver Figura 5).

El sistema de transporte público colectivo de San Juan de Pasto tiene una longitud de rutas equivalente a 552,55 km (sic), con una frecuencia total de 2.960 despachos en el día y un total de 71.406 kilómetros recorridos al día.

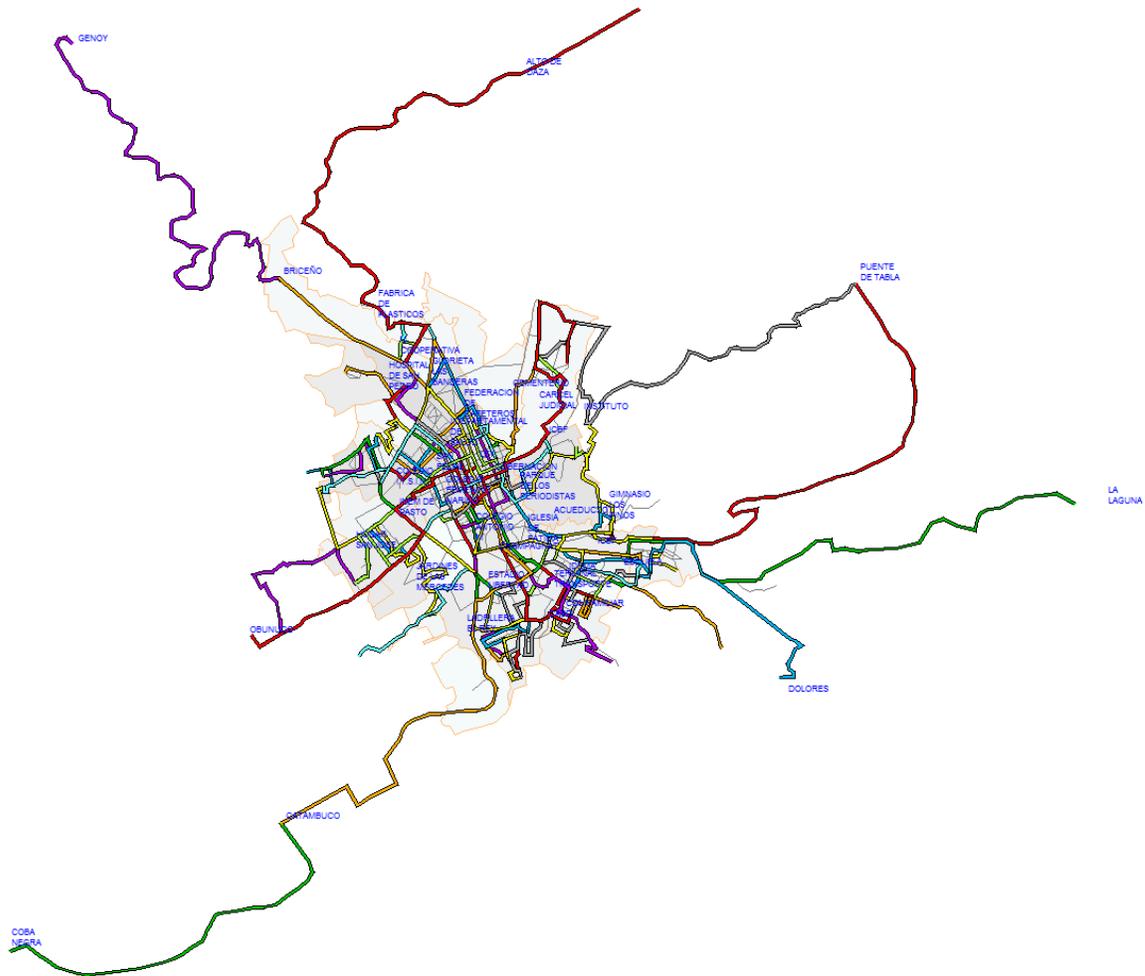
(...)

Como indicadores importantes se establece que el índice de pasajeros kilómetro - IPK del sistema es de 1,73, que en promedio un bus recorre 146 kilómetros -día de operación y moviliza 252 pasajeros en el día (UT Mobilé - Icovías, 2015).

Es importante mencionar que el servicio no contaba con paraderos fijos, por lo que esta maniobra se hacía conforme a la demanda del usuario, en el lugar y momento en que este lo requería; además, el acceso al servicio se hacía mediante pago en efectivo.

⁷ Incrementa el alcance con 2,32 km de intervención vial y una intersección.

Figura 5. Trazado de rutas servicio de transporte público colectivo en la ciudad de Pasto en 2015



Fuente: Tomado de ETLF del SETP de Pasto (UT Móvilé - Icovías, 2015).

La información anterior, permite contar con un contexto sobre el marco operacional de la prestación del servicio de transporte público colectivo en la ciudad de Pasto en el 2015. Esto, considerando que la aproximación a las preferencias y determinantes de la demanda individual en el caso aplicado al SETP de Pasto que se desarrolla en el presente trabajo, se toma a partir de los resultados de la información sobre preferencias reveladas y

declaradas del referido estudio de estructuración a detalle desarrollado por el ente gestor del sistema en el 2015.

Cabe mencionar de todas maneras, como referente actual que, a partir de la ejecución de la Estructuración Técnica, Legal y Financiera de Detalle del SETP (ETLF), elaborada en 2015, el ente gestor del sistema, la Unidad Administrativa Especial UAE AVANTE SETP, actualmente reporta avances en el componente tecnológico, con la implementación del sistema coordinado de semaforización, y el sistema de control y gestión de flota. Desde el componente institucional, la administración municipal ha generado los actos administrativos correspondientes a la adopción e implementación de la primera fase de operación⁸. En cuanto a la infraestructura para la operación se debe destacar la implementación de 140 paraderos⁹ en el centro histórico y centro extendido del municipio (Movilidad Sostenible LTDA, 2017) y la habilitación de los patios talleres de Chapal, Aranda, Mijitayo y Briceño. Al momento, todavía se encuentra pendiente la implementación del Sistema de Recaudo Centralizado (UAE AVANTE SETP, 2022).

En este marco, cabe anotar que, ciñéndose a los objetivos marcados por el marco de política y normativo, la implementación del SETP de Pasto incluye transformaciones de la oferta del servicio que, entre otros, podrían generar impactos en la decisión de viaje de los usuarios para acceder al SETP.

Teniendo en cuenta contexto expuesto, a continuación en el Capítulo 2, se incluye una síntesis de referencias bibliográficas clave para entender aproximaciones conceptuales en la planeación del transporte, respecto al Comportamiento del Usuario y sus preferencias. Con estos insumos se busca consolidar un entorno de referencia útil para ambientar el planteamiento de la hipótesis, la instrumentación y análisis de resultados y formulación de conclusiones del presente trabajo.

⁸ Decreto municipal 013 de enero de 2022, por el cual se actualizan las condiciones para la organización, implementación, operación y control del SETP en el municipio de Pasto.

⁹ De un total priorizado por la UAE SETP AVANTE (Ente Gestor del SETP) de 278 paraderos.

2 REVISIÓN CONCEPTUAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL USUARIO EN LA PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE

Dentro del presente capítulo, se abordan conceptos y enfoques relacionados con la demanda individual de transporte, las preferencias de los usuarios, y cómo estos factores influyen en las decisiones de viaje. Se exploran diferentes técnicas y metodologías utilizadas para analizar y modelar el comportamiento del usuario, como las encuestas de preferencias reveladas y declaradas. Además, se examinan las limitaciones y ventajas de cada enfoque.

Con esta revisión bibliográfica, se busca establecer un marco teórico que sirva de base para los análisis realizados en este trabajo. Proporciona un contexto conceptual y metodológico para comprender y analizar las preferencias y el comportamiento de los usuarios del transporte en el contexto específico del Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) de la ciudad de Pasto. Esta referencia bibliográfica será fundamental para respaldar y fundamentar las diferentes etapas de este estudio, desde la formulación de la hipótesis hasta la presentación de conclusiones.

2.1 Caracterización de la demanda individual en la planeación del transporte

A partir de la transformación del servicio que supone la implementación de un SETP, se debe intentar entender la manera en que las nuevas características de prestación del servicio inciden en la decisión de viajar en el nuevo sistema de transporte de sus potenciales usuarios.

De este modo, para la conceptualización del presente trabajo, se hará referencia al trabajo de Ortúzar & Roman (2003), quienes señalan que la planeación tradicional, y en particular la modelación del transporte, se ha centrado en variables de naturaleza agregada que están relacionadas con el comportamiento colectivo de un grupo determinado de individuos. En este sentido, el modelo tradicional, por ejemplo, analiza variables continuas, generando resultados totales que caracterizan los movimientos "en masa" de los usuarios del transporte. No obstante, según los autores, estos modelos presentan poca flexibilidad y precisión, y suelen limitarse a la predicción y planificación a gran escala (Ortúzar & Román, 2003).

Por esta razón, han surgido enfoques desagregados que buscan caracterizar el comportamiento de los usuarios del transporte en función de sus decisiones individuales. Al final, el objetivo del usuario es maximizar la utilidad de su viaje.

Para entender las características de esta visión discreta, es importante acercarse a comprender las determinantes del comportamiento del usuario de transporte, teniendo en cuenta que la elección del modo de viaje es en gran parte una decisión razonada; y que esta decisión puede verse condicionada por intervenciones que producen cambios en las actitudes, las normas subjetivas y las percepciones del control del comportamiento (Bamberg, Ajzen, & Schmidt, 2003).

Para Guines de Rus et al (2003), como decisión individual, la demanda de transporte depende de un conjunto de variables monetarias y no monetarias, donde existe una elasticidad (con respecto al precio, a la renta o al tiempo) que determina cómo cambian las decisiones de los usuarios ante cambios en dichas variables, permitiendo anticipar o predecir los efectos de factores externos en el transporte. De este modo, destaca las siguientes determinantes de la demanda individual:

- precio del transporte,
- precio de otros bienes y servicios,
- características socioeconómicas,
- calidad del servicio,
- tiempo de viaje.

Estas determinantes se suelen analizar tradicionalmente al resumirlas en el concepto del *precio generalizado* o *costo generalizado* de transporte¹⁰, donde se suman los valores monetarios de dichas determinantes de la demanda para un individuo para representar el cuánto le cuesta al usuario del transporte realizar su viaje. Siguiendo la representación de Guines de Rus et al (2003), se tiene:

$$g = p + vt + \theta$$

Donde el precio generalizado g , corresponde a la suma de los componentes monetarios del viaje p , el valor del tiempo total empleado vt y una valoración monetaria de otros elementos cualitativos que intervienen en la decisión θ .

Es aquí donde aparece la oportunidad de analizar la demanda de transporte individual a través de los modelos de elección discreta, entendiendo que las decisiones de los usuarios están influenciadas por su propia experiencia de viaje, características socioeconómicas, entre otras.

“La introducción de libertad de entrada en los mercados de transporte da lugar a que los operadores dirijan sus estrategias competitivas no sólo a bajar los precios sino también a reducir el costo generalizado de los usuarios. Las reacciones ante cambios en el costo generalizado serán diferentes según las circunstancias de cada viaje. No solamente son diferentes las personas sino que el mismo individuo reaccionará de forma diferente según el motivo del viaje, la hora del viaje, el medio de transporte elegido, etcétera. El modelo de demanda debe, por tanto, ser capaz de recoger toda esta variabilidad con el fin de evitar la aplicación de medidas de política que puedan afectar negativamente al bienestar social” (Ortúzar & Román, 2003).

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, es fundamental considerar que, en el caso específico del transporte público, como sugieren Krizek & El-Geneidy (2007),

¹⁰ Guines de Rus et al (2003) sugiere denominarlo Precio generalizado de viaje, en tanto que si bien las determinantes valoradas en términos de dinero son asumidas por el consumidor, reflejan los costos del productor.

existen varios factores que influyen en la decisión de una persona de utilizar este modo de transporte en lugar de otras alternativas. Estos factores han sido ampliamente abordados en la literatura y tienen en cuenta los costos asociados al transporte, como tarifas, tiempo y posibles inconvenientes. Como se puede observar en la Figura 6, se destacan tres factores primordiales al evaluar la decisión de viajar en transporte público.

Figura 6. Factores que inciden en la demanda de transporte público



Fuente: Elaboración propia a partir de Krizek & El-Geneidy (2007).

De este modo, en los últimos años, se han introducido técnicas de modelamiento de demanda desagregados, como alternativa para superar las mencionadas limitaciones de los modelos agregados tradicionales de primera generación, al considerar dentro de los ejercicios de modelación de la demanda de transporte las decisiones que toman los usuarios ante una serie de alternativas evaluadas, eligiendo aquella que maximice su utilidad (Ortúzar & Román, 2003). De este modo, como lo señalan Sanchez-Flores & Romero-Torres (2010), en la actualidad, se han empleado dos enfoques para este tipo de aproximación: (i) reglas de decisión aleatorias y funciones de utilidad deterministas; (ii) modelos probabilísticos de utilidad aleatoria, y representan la base teórica de los modelos de elección discreta.

Ahora bien, como se ha visto, la implementación de los SETP, que busca satisfacer los objetivos de la PNTU, resumidos en el capítulo anterior (ver Figura 3), puede generar

modificación de las expectativas y, por consiguiente, en la decisión de viaje de sus potenciales usuarios, por lo que en los siguientes capítulos se busca analizar las preferencias al momento de viajar, con el propósito de caracterizar la disponibilidad de uso del nuevo servicio de transporte público, entendiendo la oportunidad que ofrece un análisis del comportamiento individual por encima del agregado.

De este modo, si bien dentro de la evolución de la Ingeniería de Transporte se han desarrollado herramientas avanzadas para entender la demanda de transporte, este trabajo busca introducir un ejercicio guía que permita comprender y resumir las preferencias individuales de los usuarios ante distintos escenarios para realizar su viaje, a través de la construcción de un instrumento estadístico que sintetice dichas preferencias. Esto proporcionará información valiosa a los responsables de tomar decisiones a nivel nacional y municipal, permitiéndoles comprender la respuesta de grupos encuestados ante los cambios planteados por la implementación del marco de política diseñado para los SETP. De esta manera, se podrán entender la resistencia o la aceptación que los individuos tendrán ante un nuevo esquema de servicios de este tipo de sistemas.

2.2 Encuestas de Preferencias Reveladas y Preferencia Declaradas para la caracterización de la demanda individual

En línea con lo expuesto, es importante identificar los instrumentos disponibles para obtener información sobre el comportamiento de los usuarios en relación con los determinantes de la demanda individual y desarrollar un procedimiento que permita sintetizar dicha información. En ese sentido, a continuación se presenta una breve revisión del marco conceptual de las encuestas de Preferencias Reveladas (PR) y Preferencias Declaradas (PD), que son técnicas utilizadas en este estudio para analizar datos sobre las decisiones de los usuarios potenciales del nuevo sistema de transporte público en la ciudad de Pasto.

Como se mencionó anteriormente, la evaluación de las preferencias de los usuarios y el análisis de la demanda individual de transporte nos permite aproximarnos a la función de utilidad del individuo al elegir “la cantidad que desea consumir de cualquier bien o

servicio en función del precio del mismo, del precio de otros bienes y de su nivel de renta” (de Rus, Campos, & Nombela, 2003). En el caso del transporte, variables como el tiempo, el costo y otros atributos del modo de transporte en consideración son determinantes de la demanda que influirán en dicha función de utilidad. Por lo tanto, es importante revisar de manera general las técnicas disponibles para comprender las preferencias y el comportamiento del usuario de transporte.

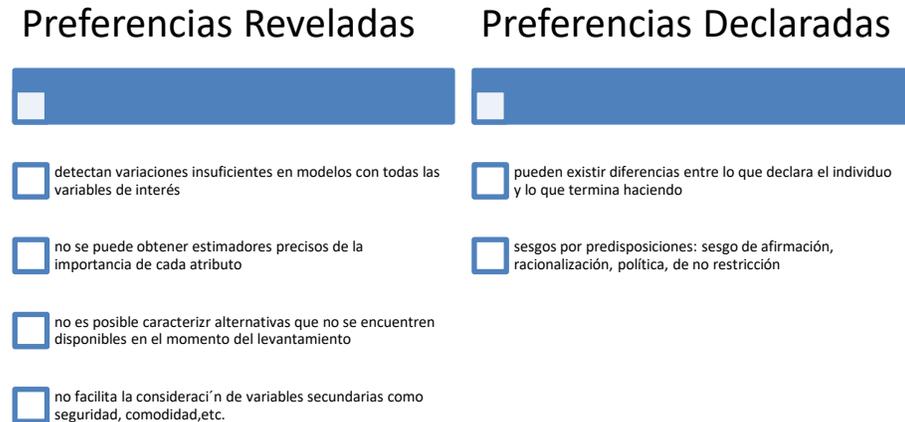
De este modo, y continuando con la referencia a Rus, Campos y Nombela (2003), las encuestas de Preferencias Reveladas reflejan las acciones reales que ha llevado a cabo el individuo, proporcionando una imagen de lo que ha ocurrido y el comportamiento adoptado. Por otro lado, las encuestas de Preferencias Declaradas se refieren al posible comportamiento que tendría un usuario actual o potencial en el futuro, bajo condiciones específicas consideradas.

En este sentido, se entiende que las encuestas de PR y PD son instrumentos disponibles para caracterizar las alternativas de viaje que los usuarios tienen en consideración. Es importante destacar que tanto la literatura económica como la ingeniería de transporte coinciden en que una combinación y análisis complementario de ambos tipos de información permite lograr una caracterización más precisa de la demanda de transporte en relación con la realidad (de Rus, Campos, & Nombela, 2003) (Ortúzar, 2016).

Siguiendo las ideas expuestas por Ortuzar (2016), es importante resaltar varias ventajas del uso de la técnica de PD en los modelos de transporte. Una oportunidad significativa que ofrece las PD es la capacidad de evaluar condiciones de cambio en comparación con el escenario inicial, como la implementación de un nuevo sistema de transporte, tal como ocurre en el caso de estudio de este trabajo para la Ciudad de Pasto. Por otro lado, las PR están limitadas a las condiciones en el momento en que el usuario tomó la decisión. Además, como señala Ortuzar (2016), los datos de las PD son más económicos y ágiles de analizar, en cuanto al análisis de varios escenarios se refiere, ya que los escenarios planteados en el ejercicio definen las variables necesarias para los modelos, a diferencia de las PR, donde puede ser necesario obtener información adicional, como el uso de modelos de redes para obtener tiempos y costos de viaje para cada individuo.

Ahora bien, en la Figura 7, se resumen algunas de las limitaciones que se tienen en las técnicas de identificación de preferencias de los usuarios mencionadas, que deben ser consideradas al momento de usar la información que arrojan.

Figura 7. Limitaciones encuestas de preferencias reveladas y declaradas



Fuente: Elaboración propia a partir de Ortúzar (2016).

Como se indicaba, se encuentran amplias restricciones al momento de evaluar alternativas de elección de los usuarios a través de ejercicios de PR, mientras que, para el caso de PD, se encuentra mayor versatilidad y profundidad al momento de evaluar escenarios futuros. Sin embargo, es importante que el investigador que haga uso de las técnicas referenciadas tenga muy presente las limitaciones de una u otra herramienta.

A favor de las encuestas PD, tanto Rus, Campos y Nombela (2003), como Ortúzar (2016), coinciden en que, en primer lugar, aspectos puramente relacionados con las acciones de la ejecución de la encuesta pueden afectar su resultado. Aquí se pueden contar distorsiones, entre otras, como las relacionadas con la lingüística y estructura del formulario de encuesta, así como la interacción entre el encuestador y encuestado. Por otra parte, se pueden presentar importantes diferencias entre lo que los encuestados declaran que harían en el momento de ser abordados y lo que realmente terminarían haciendo (esto muy influenciado por las condiciones actuales endógenas y exógenas, sesgos o predisposiciones por las experiencias).

Siguiendo la perspectiva de Ortuzar (2016), las Preferencias Declaradas (PD) ofrecen la ventaja de eliminar o reducir ciertos aspectos, como la construcción de escenarios que reduzcan la correlación entre variables explicativas. Esto facilita la obtención de indicadores precisos sobre la importancia de cada atributo. Además, las PD permiten la incorporación de factores que no están presentes en el año base del estudio, lo que brinda una mayor flexibilidad para capturar cambios y tendencias futuras. También se destaca la posibilidad de incluir variables secundarias con mediciones cualitativas, lo que enriquece el análisis al considerar aspectos subjetivos de las preferencias de los usuarios.

Tomando en cuenta la información anterior sobre las Preferencias Reveladas (PR) y las Preferencias Declaradas (PD), en este trabajo se presenta la oportunidad de realizar un análisis y categorización inicial de los resultados de las encuestas de preferencias realizadas como parte de la Estructuración Técnica, Legal y Financiera (ETLF) de Detalle del SETP de la ciudad de Pasto, contratada por el ente gestor del sistema, UAE AVANTE SETP, y ejecutada por la Unión Temporal Móvilé – Icovías, en 2015.

En estas encuestas, se indagó a cada sujeto sobre sus preferencias en relación al viaje que estaba realizando en el momento en que se interrogó, así como sus preferencias en relación a un nuevo sistema de transporte que se implementaría en la ciudad, siguiendo los objetivos y características establecidas para los SETP, como se enuncia en Figura 3. A partir del análisis estadística de estos resultados, se podrá abordar una caracterización de la demanda individual del transporte, dando pistas sobre cómo cambia la disposición a viajar de los viajeros en función de las condiciones actuales de su viaje y sus propias características. Este tema se desarrollará en los siguientes capítulos de este trabajo

A través del análisis estadístico de estos resultados, se podrá realizar una caracterización de la demanda individual del transporte, lo que proporcionará información relevante sobre cómo la disposición de los viajeros a usar una alternativa de transporte se ve afectada por las condiciones actuales de su viaje y sus características personales. Este aspecto será abordado en detalle en los capítulos siguientes de este trabajo, donde se explorarán las relaciones entre las variables relacionadas con las preferencias de los usuarios y los factores clave que influyen en la decisión de viajar. Este análisis permitirá

comprender mejor las dinámicas de la demanda de transporte y proporcionará reflexiones para la toma de decisiones en la implementación del nuevo sistema de transporte público en la ciudad de Pasto.

3 ENCUESTA DE PREFERENCIAS REVELADAS Y DECLARADAS EN LA ESTRUCTURACIÓN DEL SETP DE PASTO

Para acercarse a un entendimiento de la manera en que los cambios en el nuevo SETP de Pasto podrían incidir sobre el comportamiento de sus usuarios potenciales, es preciso adelantar una revisión del ejercicio de levantamiento de campo para Preferencias Reveladas (PR) y Preferencias Declaradas (PD) realizado por la Unión Temporal Móvil-Icovías, para la Estructuración Técnica, Legal, y Financiera (ETLF) del SETP de Pasto en el 2015.

En este sentido, se incluye en este capítulo una revisión de la información suministrada por la UAE AVANTE SETP, ente gestor del SETP, con el propósito de resumir las principales características del ejercicio adelantado por el correspondiente consultor: diseño, metodología, descripción de la información levantada.

Así, con respecto al dimensionamiento de la muestra, se encuentra que las encuestas de preferencias reveladas y declaradas se realizaron para un nivel de error máximo del 7% y nivel de confianza mínimo del 95%, a partir del universo de 123.189 viajes al día, obtenidos por el consultor para el transporte público colectivo en la ciudad de Pasto para un día típico, en el 2015. En consecuencia, se realizaron un total de 497 encuestas válidas, de las cuales 272 correspondieron a usuarios del transporte público colectivo (TPC) y 225 a usuarios del transporte informal (TI), sobrepasando ampliamente las muestras objetivo, correspondiente a un total de 197. Se evidencia que el consultor realizó una primera prueba piloto que permitió ajustar el formato de encuesta (UT Móvil - Icovías, 2015).

Cabe resaltar, como lo explica el consultor, que las encuestas se realizaron por interceptación a individuos que se encontraban viajando (tanto en TPC, como en TI),

aplicando a cada encuestado dos formularios: el primero con preguntas sobre las condiciones de su viaje (preferencias reveladas), y el segundo con preguntas sobre distintas condiciones de viaje respecto a un nuevo servicio de transporte (preferencias declaradas).

A continuación, se presenta una descripción del tipo y organización de la información que se encuentra compilada en la base de datos disponible (ver Anexo 1). Los resultados de los ejercicios de PR y PD fueron compilados en una base de datos, la cual fue entregada por la UAE AVANTE SETP para ser objeto de estudio en el presente trabajo académico.

Con base en lo expuesto, cada una de las filas de dicha base de datos, corresponden a un usuario de TPC o TI encuestado¹¹. La base además de recolectar las respuestas tanto para PR como PD; contiene una caracterización socioeconómica de los encuestados, donde se indagó por el sexo, rango de edad¹², profesión y estrato.

Del total de 497 encuestados, 13 de estos no contestaron las preguntas correspondientes a PD.

3.1 Módulo de Preferencias Reveladas (PR) en la encuesta de preferencias en la estructuración del SETP de Pasto

Dentro de la base de datos de las encuestas, se encuentra una primera sección, que compila los resultados sobre PR. Valga recordar en este punto, como se precisó en el Capítulo 2, que las PR refieren información sobre las elecciones que hizo el usuario frente a su viaje, es decir, decisiones que ya tomó al momento de ser encuestado.

De esta manera, la información presenta, en primer lugar, la tipificación de la clase del vehículo que se encontraba usando el encuestado, con respuestas como Buses, Busetas, Busetones, Moto y Taxi Colectivo. Adicionalmente, se incluye un módulo de

¹¹ Como se explica, la información disponible solamente se concentró en usuarios de transporte público colectivo y transporte informal, como un primer conjunto de individuos que potencialmente usarían el SETP. No obstante, se dejan de lado otros potenciales usuarios del nuevo sistema como usuarios de bicicleta, moto particular, taxi y vehículo particular, entre otros.

¹² El consultor agrupó los rangos de edad, en grupos de interés conforme a su condición productiva: entre 14 y 17 años, entre 18 y 25 años, entre 26 y 50 años, entre 51 y 65 años, y mayores a 65.

Caracterización del Viaje del encuestado que incluyó la ruta de TPC en la que viajaba, el barrio de origen y destino, el propósito del viaje, la tarifa pagada y el tiempo del viaje realizado. Para cerrar la encuesta de PR, se preguntó por las veces que el encuestado usa transporte público al día, las cuadras que caminó para abordar el vehículo y después de tomarlo.

Adicionalmente, la encuesta incluyó un módulo de *Caracterización del Pasajero*, orientado hacia una identificación de las características socioeconómicas del encuestado, donde se preguntó por el sexo, edad, tenencia de vehículo particular y el estrato socioeconómico.

Lo anterior fue compilado a partir del formato de encuesta presentado en la Figura 8.

Figura 8. Formato de encuesta PR y caracterización socioeconómica. (a) Vista general, (b) ampliación Características del Viaje, (c) ampliación Características del Pasajero

(a)

		"ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, LEGAL Y FINANCIERA DE DETALLE DEL SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO (SETP) DE LA CIUDAD DE PASTO"																													
ENCUESTAS A PASAJEROS												HOJA																			
FECHA: DIA: [] MES: [] AÑO: []												ENCUESTADOR: []		DE: []																	
CODIFICACIÓN																															
CLASE DE VEHÍCULO: B: Bus D: Buzeta M: Microbús BE: Buzetón ME: Auto TC: Taxi Colectivo												FRECUENCIA		1: Una Vez al día 2: 2 Veces al día 3: Más de 2 Veces al día 4: Eventual																	
ID ENCUESTA			CARACTERÍSTICAS DEL VIAJE										CARACTERÍSTICAS DEL PASAJERO																		
No. INICIATA		CLASE DE VEHÍCULO		No. BETA		ORIGEN		DESTINO		PROPÓSITO DEL VIAJE		TOMA OTRO VEHÍCULO ANTES O DESPUÉS DE ESTE?		TARIFA TOTAL DE VIAJE		TIEMPO TOTAL DE VIAJE		FRECUENCIA DEL VIAJE DIARIA		CUANTO TIEMPO CAMINARÁ PARA LLEGAR AL DESTINO? (MN)		CUANTO TIEMPO CAMINARÁ PARA TOMAR EL BUS? (MN)		SEXO		EDAD		AUTO / MOTO PROPIA EN FAMILIA?		ESTRATO SOCIO-ECONOMICO	
B D M BE MT TC		B D M BE MT TC		B D M BE MT TC		B D M BE MT TC		B D M BE MT TC		1: TRABAJO 2: ESTUDIO 3: HOGAR		S N		\$		HH : MM		1 2 3 E		1 2 3 E		1 2 3 E		M F		1: Entre 14 y 17 años 2: Entre 18 y 23 años		1: Ninguno 2: Auto		1: Estrato 1 2: Estrato 2	

(b)

CARACTERÍSTICAS DEL VIAJE															
ORIGEN		DESTINO		PROPÓSITO DEL VIAJE	TOMA OTRO VEHÍCULO ANTES O DESPUÉS DE ESTE?		TARIFA TOTAL DE VIAJE	TIEMPO TOTAL DE VIAJE		FRECUENCIA DEL VIAJE DIARIA	CUANTO TIEMPO CAMINARÁ PARA LLEGAR AL DESTINO? (MN)	CUANTO TIEMPO CAMINARÁ PARA TOMAR EL BUS? (MN)	CUANTO TIEMPO ESPERAR PARA TOMAR EL BUS? (MN)	SEXO	
BARRIO	CÓDIGO	BARRIO	CÓDIGO		S	N		HH	MM					M	F
				1: TRABAJO			\$:	:	1	2	3	E		
				2: ESTUDIO			\$:	:	1	2	3	E		
				3: HOGAR			\$:	:	1	2	3	E		

(c)

CARACTERÍSTICAS DEL PASAJERO						
SEXO		EDAD	AUTO / MOTO PROPIA EN FAMILIA?		ESTRATO SOCIO-ECONOMICO	
M	F					
		1: Entre 14 y 17 Años	1: Ninguno		1: Estrato 1	
		2: Entre 18 y 25 Años	2: Moto		2: Estrato 2	

Fuente: Tomado de ETLF SETP Pasto (UT Mobilé - Icovías, 2015).

Se valida así que, en este primer módulo, el encuestado “revela” las preferencias que eligió para realizar su viaje de acuerdo con las alternativas que tenía disponibles.

3.2 Módulo de Preferencias Declaradas (PD) en la encuesta de preferencias en la estructuración del SETP de Pasto

Para el caso de las encuestas de PD realizadas, según lo expuesto en el Capítulo 2, teniendo en cuenta que las mismas hacen referencia a las elecciones que los encuestados manifiestan que podrían hacer ante distintas alternativas puestas a su consideración, se presentó a los encuestados un resumen de las principales características que cambiarían en la oferta del SETP, con respecto al actual servicio de transporte colectivo tradicional (ver Figura 9). Con esto, se procedió a indagar la disposición a usar el nuevo sistema presentado por parte del encuestado.

Figura 9. Nuevas características SETP Pasto



Fuente: Tomado de ETLF SETP Pasto (UT Mobilé - Icovías, 2015).

De esta manera, los ciudadanos encuestados por UT Mobilé – Icovías (2015) fueron indagados de la siguiente manera: “¿Usaría el nuevo sistema de transporte público de la ciudad de Pasto, si tuviera...

- A. que esperar el bus en el paradero (Menos de 3 minutos, hasta 5 minutos, hasta 10 minutos, hasta 20 minutos¹³);
- B. que caminar hasta el paradero (Menos de 3 cuadras, hasta 5 cuadras, hasta 10 cuadras, hasta 20 cuadras);
- C. que gastar tiempo para la compra del tiquete (Menos de 3 minutos, hasta 5 minutos, hasta 10 minutos, hasta 20 minutos). Adicionalmente, se preguntó por
- D. que viajar sentado o de pie,
- E. que trasbordar (cantidad y lugar de trasbordo), y

¹³ Este valor representa un máximo extremo en la escala de evaluación, teniendo en cuenta que para el momento en que se elaboró la encuesta se conocía que el tiempo promedio global de viaje en Pasto era de 27.25 minutos (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2005).

Conforme a lo anterior, la Base de Datos agrupa las respuestas de los encuestados con una codificación de las preguntas formuladas y sus correspondientes respuestas, para facilitar su digitación y manejo.

La codificación de las preguntas responde a su disposición en el formato de encuesta utilizado, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Formato de encuesta PD

USARÍA EL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CIUDAD SORPRESA SI TUVIERA....																			
No. ENCUESTA	COD. ENCUESTADOR	A. QUE ESPERAR EL BUS			B. QUE CAMINAR HASTA EL PARADISO			C. QUE GASTAR TIEMPO PARA LA COMPRA DEL QUETE			D. QUE VIAJAR	E. QUE CAMBIAR DE VEHÍCULO PARA LLEGAR A MI DESTINO		F. CUANTO ESTARÍA DISPUESTO A PAGAR DE MÁS EN EL VALOR DE LA TARIFA POR					
		1. MENOS DE TRES (3) MINUTOS	M	A	1. MENOS DE TRES (3) CUADRAS	M	A	1. MENOS DE 3 MINUTOS	M	A	1. SENTADO CON LA ESCOGENCIA DE LA SILLA QUE ME GUSTA. (Sillas Disponibles)	S	M	A	1. UNA VEZ EN LA VÍA	M	A	1. AHORRO DE 3 MN EN EL TIEMPO DE VIAJE	
		2. HASTA CINCO (5) MINUTOS	M	A	2. HASTA CINCO (5) CUADRAS	M	A	2. HASTA CINCO (5) MINUTOS	M	A	2. SENTADO EN LA SILLA DISPONIBLE	S	M	A	2. UNA VEZ EN UNA TERMINAL	M	A	2. AHORRO DE 5 MN EN EL TIEMPO DE VIAJE	NADA
			N		N		N		N		N		N		N		N		NADA

Fuente: Tomado de ETLF SETP Pasto (UT Móvilé - Icovías, 2015).

En correspondencia con lo presentado en la Figura 11, la información en la Base de Datos se presenta como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Ejemplo compilación de preguntas y respuestas en Base de Datos de referencia

A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
S	A	A	N	M	S	A	N	N	N	S	S	M	N	N
S	S	A	N	N	S	N	A	N	N	S	M	N	N	N
S	S	S	S	M	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: Tomado de ETLF SETP Pasto (UT Móvilé - Icovías, 2015).

En la Tabla 1, cada una de las filas corresponde a las respuestas de un encuestado, para las elecciones realizadas a cada una de las alternativas para su viaje, donde las opciones de respuesta corresponden a la siguiente convención:

- S: Siempre
- A: Algunas veces
- M: La Mayoría de las veces
- N: Nunca

3.3 Caracterización de las variables a partir de los resultados de la encuesta

Antes de aproximarse a los ejercicios de tratamiento de los datos contenidos en las encuestas, es preciso identificar y caracterizar las variables que se tendrán en cuenta, con el propósito de analizar la información de manera ordenada y categorizada. En este sentido, la definición de variables permite a un investigador establecer un diseño metodológico de su estudio pues las variables son el medio que usa para abstraer la realidad a observar (Oyola-García, 2021). En este sentido, una variable se entiende como *“una característica observable o un aspecto discernible en un objeto de estudio que puede adoptar diferentes valores o expresarse en varias categorías”* (Cauas, 2015).

Considerando lo anterior, para este trabajo, se considerará como variable el conjunto de datos que representan características que se evidenciaron a partir de las encuestas de PR y PD, realizadas en el marco de la ETLF del SETP de la ciudad de Pasto.

En este orden de ideas, dentro de la base de datos obtenida a partir de las encuestas de PR y PD, se cuenta con diferentes variables dentro del ejercicio que se empleará como soporte para los diferentes análisis dentro del presente trabajo. Estas variables se han agregado en tres grupos (ver Figura 12):

- (i) Cambios de los determinantes de la demanda individual,
- (ii) Características del usuario potencial, y

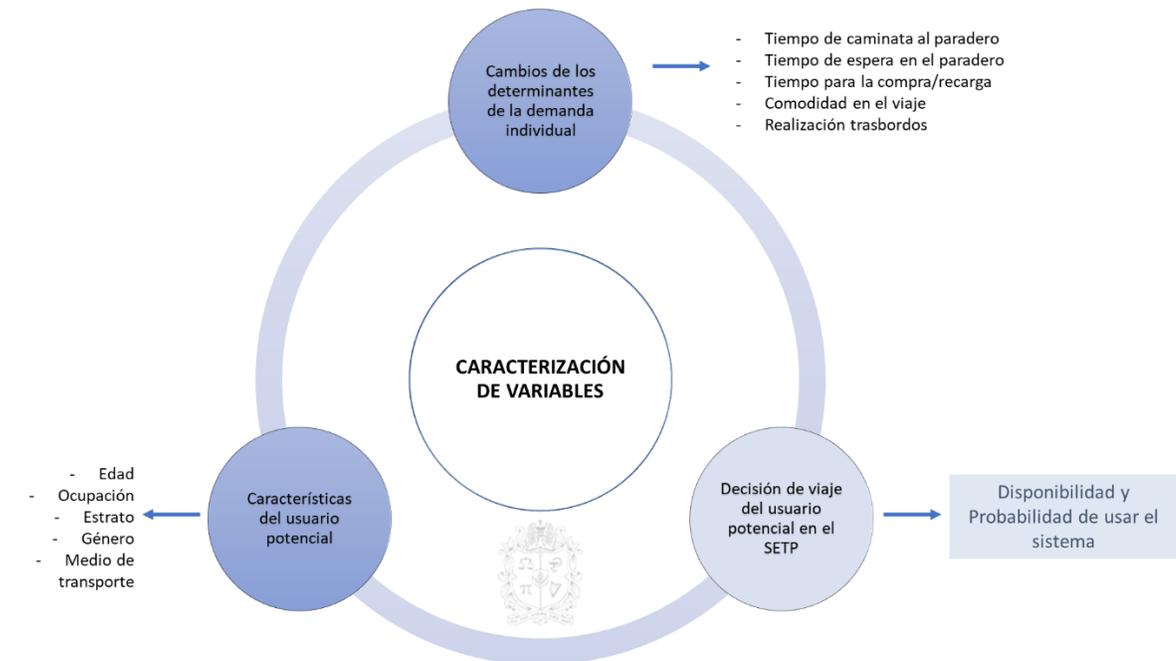
(iii) Decisión de viaje de los usuarios del SETP.

Para el grupo (i), se tiene información disponible en las encuestas PD de la ETLF (2015), agrupando aquellas variables que representan cambios en las condiciones de oferta del sistema: cambios en los tiempos de acceso (caminata, espera, compra/recarga tiquete), distintas condiciones de comodidad (viaje sentado o de pie), condiciones de trasbordos (cantidad y condiciones de trasbordos).

Para el grupo (ii), se consideran aquellas condiciones que caracterizan el tipo de usuario potencial del SETP, que fueron tomadas en la encuesta de PR y PD: edad, género, estrato socioeconómico y nivel educativo. Adicionalmente, en este grupo podrían incluirse variables de la encuesta de PR como el tiempo del viaje del encuestado, y el vehículo que usó.

Para el grupo (iii), se encuentran las variables que recogen el propósito de análisis de este trabajo, es decir, las decisiones de los encuestados, relacionadas con la disponibilidad y probabilidad de uso del nuevo sistema.

Figura 12. Caracterización de Variables



Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera, se define una clasificación de variables ordenada que permitirá, a partir de los resultados de las encuestas de PR y PD de la ETLF del SETP de Pasto, indagar sobre las expectativas de los encuestados respecto a cambios en las determinantes de la demanda individual, como consecuencia de la implementación del nuevo SETP. Esto permite contar con un marco referente ordenado de la información para soportar los análisis de datos que se presentan en los capítulos 4 y 5.

4 REVISIÓN DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LAS EXPECTATIVAS DE LOS POTENCIALES USUARIOS EN FUNCIÓN DE LAS DINÁMICAS EN LAS DETERMINANTES DE LA DEMANDA INDIVIDUAL

Para acercarse al objetivo de caracterizar los factores y las condiciones que determinen posibles cambios en la decisión de viaje de los usuarios de transporte público en función de las dinámicas de modificación de algunas determinantes de la demanda individual, ante las nuevas características de la oferta del SETP de la ciudad de Pasto, es preciso adelantar un primer ejercicio exploratorio de agrupación de datos y comparación de variables, conforme a la información disponible en la referenciada Base de Datos de Preferencias Reveladas y Declaradas de la ETLF del SETP de Pasto de 2015.

De esta manera, teniendo en cuenta que la mencionada base de datos cuenta con un amplio número de variables que se pueden considerar para adelantar esta exploración, es preciso acotar el análisis seleccionando variables que permitan obtener una primera caracterización del posible cambio en las expectativas de los potenciales usuarios del SETP¹⁴, frente al cambio en algunas condiciones de la oferta del servicio, conforme a alguna de sus características como individuo.

¹⁴ De acuerdo con lo explicado en el Capítulo 3, para propósitos de los análisis adelantados en los capítulos 4 y 5, y sus consecuentes recomendaciones y conclusiones, se entiende la referencia a potenciales usuarios del SETP, como aquellos que inicialmente eran usuarios de transporte público colectivo y transporte informal. Se debe dejar por fuera de esta denominación a los usuarios de otros medios de transporte en la ciudad que podrían ser potenciales usuarios del SETP, en tanto que las encuestas que se emplearon como referencia para este trabajo, no tuvieron en cuenta esta población.

Así, en este capítulo, en consideración de la caracterización de variables del numeral 3.3, se ha dispuesto adelantar una agrupación de las frecuencias absolutas y relativas de la información obtenida respecto a la probabilidad y disponibilidad a usar el sistema (Decisión de viaje de los usuarios), tomando en este caso solamente, a modo exploratorio, las variables de tiempo de acceso al sistema: caminata al paradero, tiempo de espera en el paradero, y tiempo para la compra/recarga¹⁵ (Cambios en los determinantes de la demanda individual); en función de los grupos de edad de los encuestados (características socioeconómicas), para este primer ejercicio.

4.1 Descripción del ejercicio de revisión de los posibles cambios en las expectativas de los encuestados del SETP mediante comparación de variables

Con el propósito de adelantar una primera aproximación respecto a la manera en los cambios en las determinantes de la demanda individual pueden afectar las preferencias de los encuestados, se realizó un ejercicio de categorización y clasificación de todos los registros compilados en la base de datos disponible.

De este modo, en primer lugar, para cada una de las tres variables de *tiempos de acceso al sistema*, se contabilizó y discriminó la cantidad relativa de usuarios que respondieron estar o no dispuestos a usar el sistema, según los distintos *grupos de edad*, considerando las distintas condiciones de probabilidad de uso dispuestas como opciones de respuesta en las encuestas de PD: *siempre, la mayoría de las veces, algunas veces, nunca*.

Ahora bien, como una oportunidad para acercarse a una comparación y valoración de las condiciones de acceso al sistema que generarían menor resistencia en los encuestados, en un segundo momento, se realizó una revisión específica de aquellas

¹⁵ Teniendo en cuenta lo mencionado en el Capítulo 1, conforme al trabajo de Krizek & El-Geneidy (2007), donde los potenciales usuarios del transporte público (cautivos o no) son más sensibles a cambios en el tiempo de acceso/egreso y espera, que al tiempo de viaje a bordo. Los autores incluyen esta afirmación, considerando varios estudios (Kraft & Domencich, 1972); y (O'Sullivan, 2000)) que refuerzan lo concluido por Domencich, Kraft y Valette (1968).

respuestas donde se manifestaba una disposición completa a usar el nuevo sistema, es decir, aquellas respuestas donde los potenciales usuarios manifestaron estar *siempre* dispuestos a subir al SETP.

Este ejercicio se replicó para cada uno de los grupos de edades considerados dentro de la encuesta¹⁶, evaluando la cantidad relativa de respuestas de completa disposición a usar el nuevo sistema, a medida en que se incrementen los tiempos de caminata, espera y compra/recarga para subir al bus. Se generaron, así, histogramas en tres dimensiones, para facilitar la representación de los comportamientos. Del análisis de estos histogramas, se analizó qué tanto cambiaba la disponibilidad de uso de los potenciales usuarios del nuevo SETP, a medida que se incrementan los tiempos para cada una de las condiciones de acceso evaluadas.

En este punto, es preciso resaltar que, al tratarse de información obtenida a partir de una encuesta de PD, como se enunció en el Capítulo 2, los resultados reflejan la susceptibilidad individual del usuario y, por consiguiente, son indicativas del comportamiento que creerían tener los encuestados bajo las condiciones puestas a consideración. De este modo, se obtiene una referencia de las decisiones del encuestado, que está relacionada e influenciada por las condiciones actuales de su viaje, sus propias expectativas y el conocimiento previo (e imaginario) de las que serían las nuevas características de la oferta del SETP, entre otras limitaciones propias del método de levantamiento de información (Pompilio Sartori, 2006).

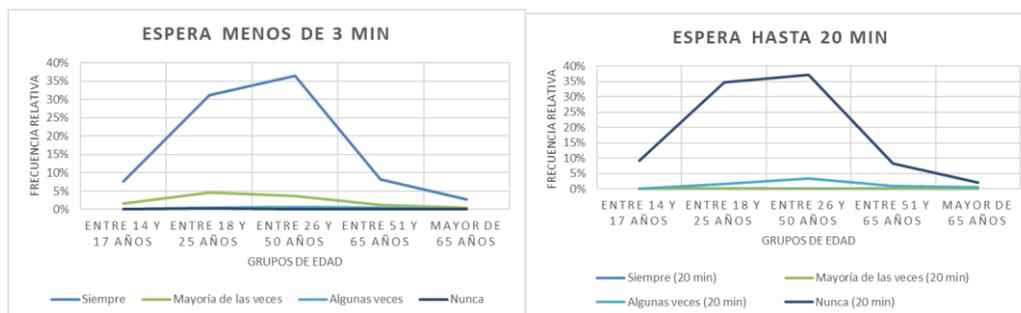
¹⁶ Es importante recordar en este punto que, al momento de caracterizar a los usuarios, el consultor responsable de la ETLF del SETP de Pasto, clasificó los grupos de edades conforme a grupos poblacionales que pudieran reflejar también, a manera general, condiciones de ocupaciones y propósitos de viaje similares. Por consiguiente, se consideraron grupos entre 14 y 17 años (en general podrían reflejar estudiantes de colegio), 18 y 25 años (estudiantes universitarios), 26 y 50 años (viajeros cuyo propósito de viaje sería comúnmente trabajo), 51 a 65 años, y mayores a 65 años.

4.2 Posibles cambios en las expectativas de los encuestados respecto a variaciones en los tiempos de acceso al nuevo SETP, como determinantes de la demanda individual

En línea con lo anterior, a continuación, se presentan los análisis de clasificación de datos e histogramas que describen la frecuencia relativa en que los encuestados estarían dispuestos a viajar en el nuevo SETP, y de esta manera identificar relaciones entre las variables descritas, que permita describir algunos factores y condiciones que determinen posibles cambios en la decisión de viaje de los usuarios de transporte público, en función de cambios de algunas determinantes de la demanda.

En este orden de ideas, y como un primer análisis de referencia, se presenta a continuación, en la Figura 13, la variación encontrada en las probabilidades de viaje en el nuevo SETP, analizando condiciones extremas, en este caso, para el tiempo de espera en el paradero (menos de 3 minutos, y hasta 20 minutos), en relación con cada uno de los grupos de edad. Esto, con el propósito de contrastar la manera en que podrían cambiar las expectativas de los encuestados, entre las condiciones de servicio más favorables puestas en consideración en la encuesta y aquellas menos favorables; para el caso de los individuos encuestados en la ciudad de Pasto en 2015.

Figura 13. Probabilidad de uso del sistema por grupos de edad. (izq) esperando menos de 3 min; (der) esperando hasta 20 min

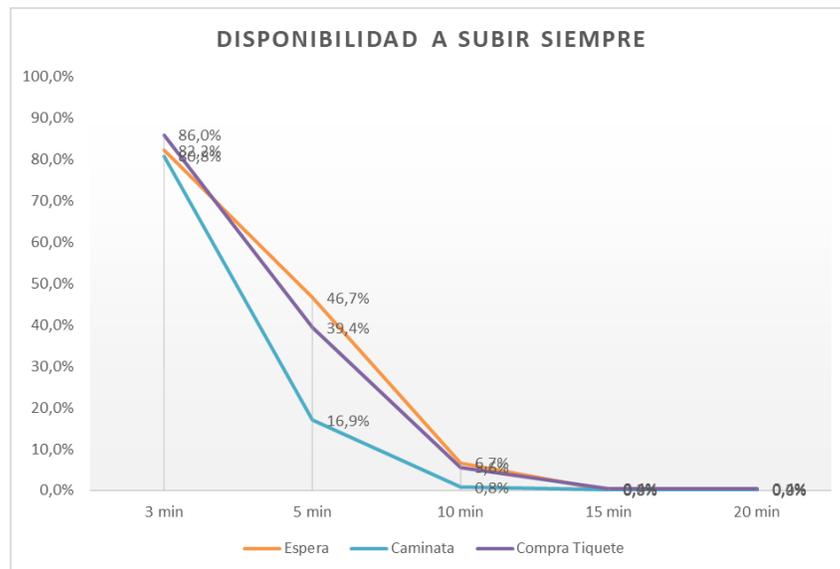


Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas confirman, como se esperaba, la disponibilidad de todos los grupos poblacionales a esperar hasta 3 minutos para acceder al sistema, siendo 3 minutos un parámetro de nivel de servicio bastante bueno. Claramente, contrasta cuando el escenario se refiere a 20 minutos de espera; no obstante, llama la atención como un pequeño porcentaje de usuarios (~ 3%) considerarían subir al sistema “algunas veces” aún en el extremo máximo de espera encuestado.

A partir de esta validación, se procede con una verificación de la manera en que se mueve la decisión de viaje de los potenciales usuarios a medida en que se mueve el tiempo entre la mejor y la peor alternativa de servicio. Como se expresaba en el numeral anterior, y con fines prácticos, el análisis se hace para los encuestados que manifestaron estar dispuestos a usar *siempre* el nuevo SETP. Esto, con el propósito de acercarse a una caracterización de factores y condiciones que determinen posibles cambios en la decisión de usar el nuevo sistema con una probabilidad del 100%, en función de las dinámicas de modificación de algunas determinantes de la demanda individual. Este análisis se presenta, de manera general para los encuestados en la Figura 14, y de manera desagregada para los grupos de edad en la Figura 15.

Figura 14. Frecuencia relativa disponibilidad a usar el nuevo SETP, con probabilidad del 100%

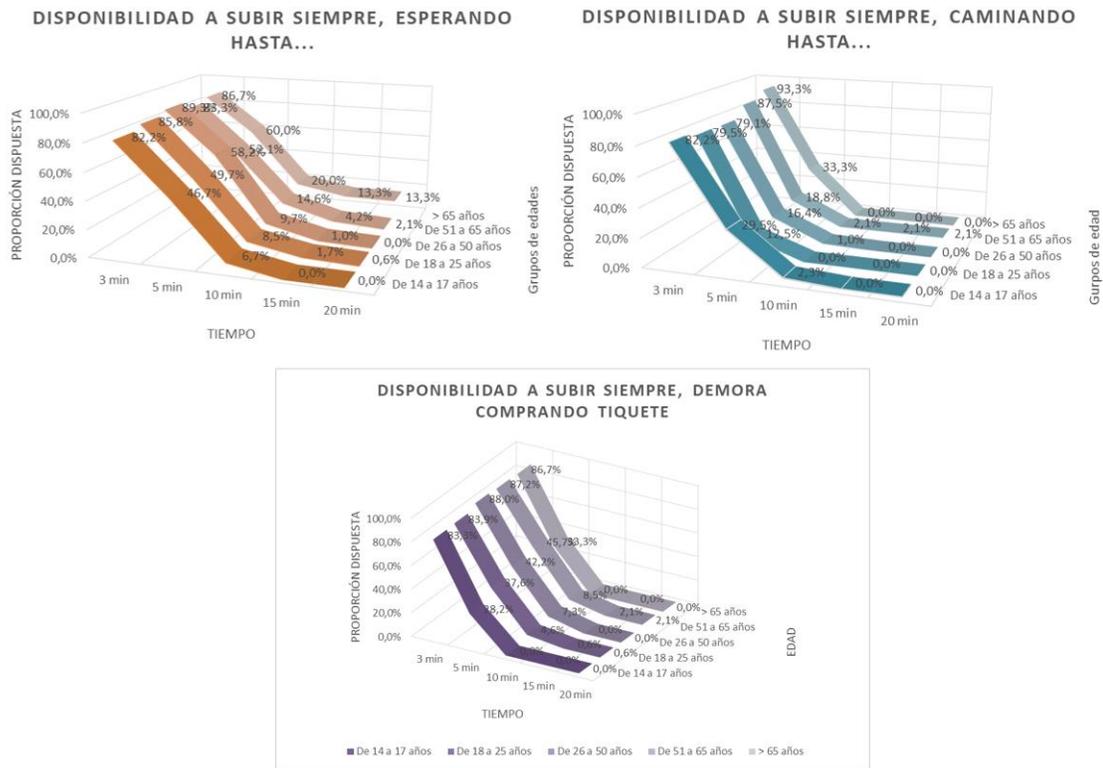


Fuente: Elaboración propia.

Respecto a lo presentado en la Figura 14, se encuentra que una buena cantidad de individuos, en general, mantendrían una disponibilidad a usar el nuevo sistema con una probabilidad del 100%, con tiempos de acceso menores a 10 minutos. Ahora bien, vale la pena destacar que los potenciales usuarios del SETP castigan de manera sustancial el tiempo de caminata. Así, al tener que gastar 5 minutos caminando para subir al bus, solo se encuentra una proporción de 16.9% de los potenciales usuarios dispuestos a subir siempre, muy por debajo de lo obtenido en relación con el tiempo de espera en paradero y de compra/recarga de tiquete (46.7% y 39.4%, respectivamente).

Finalmente, a partir de la aproximación anterior, vale la pena indagar por los comportamientos que suceden en los distintos grupos poblacionales de edad, como una referencia de la incidencia de factores y condiciones en las decisiones de los potenciales usuarios del SETP, conforme a sus características individuales, por lo que se desagrega la información en los histogramas tridimensionales que se incluyen en la Figura 15. Así, la información en las gráficas se presenta como la participación porcentual de los individuos que manifestaron subir “siempre” al sistema, con respecto al total de individuos de cada grupo, a medida en que se incrementan los tiempos en los distintos momentos para acceder al sistema (caminata, espera, compra de tiquete).

Figura 15. Proporción de personas dispuestas a usar con probabilidad del 100% el nuevo SETP, por grupo de edad: (a) tiempo de espera, (b) tiempo de caminata, (c) tiempo de compra/recarga



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis tridimensional, de las tres variables que representan cambios de los determinantes de la demanda individual analizados (caminata, espera, compra/recarga), se encuentra que efectivamente el “tiempo de caminata” es aquel que más castigan los posibles usuarios; especialmente, en este caso, el grupo etario entre los 51 y 65 años, con un gradiente de participación de alrededor de un 69%, en promedio, cuando el tiempo se amplía de 3 a 5 minutos. Este comportamiento es más pronunciado que en el caso del “tiempo de espera” (~ 31%) y “tiempo de compra/recarga” (~ 42%) en promedio para los mismos grupos de edad, cuando el tiempo se amplía de 3 a 5 minutos.

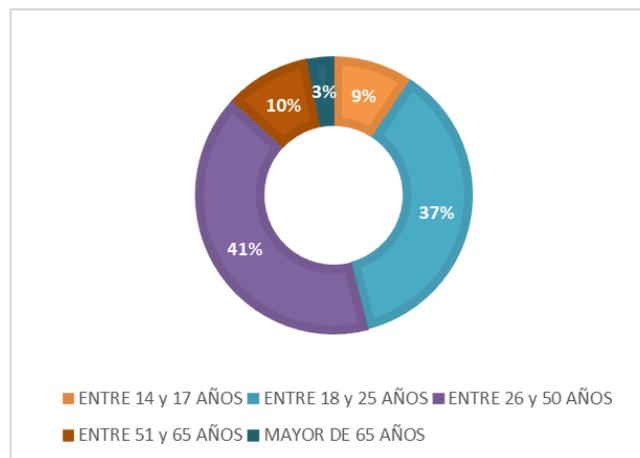
De manera similar sucede con los encuestados entre 18 y 25 años, con un gradiente negativo de participación de alrededor de un 67%, en promedio, cuando el tiempo se amplía de 3 a 5 minutos. Esto da una señal muy fuerte a las autoridades de

planeación y gestión, puesto que es uno de los grupos más asiduos al uso del transporte público colectivo.

Por otra parte, cabe destacar el crecimiento de la proporción de los usuarios dispuestos a esperar, entre los encuestados de edad más avanzada, en el tiempo más extremo preguntado (hasta 20 minutos), donde una proporción del 13% de los encuestados de más de 65 años manifestó que usaría el nuevo SETP siempre (probabilidad del 100%).

Vale la pena observar, como limitaciones del ejercicio, que los resultados obtenidos respecto a las categorías de grupos etarios dan una referencia del comportamiento de los usuarios, sin embargo, los mismos no son estadísticamente representativos, en tanto que el número de encuestados que se puede contar para las categorías consideradas es proporcionalmente pequeño con respecto a la muestra. Esto se puede validar al revisar la distribución de los encuestados en los grupos de edad. Conforme a lo incluido en la Figura 16, los grupos poblacionales que más usan el transporte colectivo en Pasto son aquellos con edades entre los 18 y 50 años, con un 78% de participación y la menor participación la tienen los mayores de 65 años con sólo un 3%. Así, en ejercicios futuros, posteriores a este trabajo, es preciso que se amplíen las muestras respectivas para profundizar el análisis por categorías.

Figura 16. Distribución grupos de edad



Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo expuesto anteriormente, se ha determinado que es posible identificar posibles cambios en las decisiones de viaje de los sujetos, en relación con las modificaciones en ciertos factores que influyen en la demanda individual, en respuesta a las nuevas características del Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) en la ciudad de Pasto. En este caso, se ha validado la manera en que las variaciones en los tiempos de acceso al sistema pueden afectar efectivamente las expectativas de los potenciales usuarios con respecto a su disposición para utilizar el nuevo SETP.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que, el ejercicio expuesto anteriormente, se basó únicamente en la selección de algunas variables y en ciertas condiciones y alternativas de respuesta de los encuestados. Dado el amplio número de variables y datos obtenidos de la encuesta, sería beneficioso ampliar estos análisis estadísticos básicos mediante el uso de un instrumento que permita sintetizar los resultados, aprovechando al máximo la información disponible en la base de datos. Esto nos proporcionaría una caracterización más completa, rigurosa y efectiva de los factores y condiciones que determinan posibles cambios en las decisiones de viaje de los usuarios de transporte público, en función de las dinámicas de modificación de las determinantes de la demanda individual, en respuesta a las nuevas características del SETP en la ciudad de Pasto.

5 DISPONIBILIDAD DE USO Y VALORACIÓN DE MEJORAS DEL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE – ÍNDICES SINTÉTICOS PARA CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS VIAJEROS

Con base en lo presentado en el capítulo anterior, se sugirió la necesidad de buscar un instrumento que permitiera agregar y sintetizar la amplitud de la información disponible en las encuestas con las preferencias de los potenciales usuarios del SETP de la ciudad de Pasto, con el propósito de recoger de manera sistemática la información disponible, y así completar la caracterización de los factores y las condiciones que determinen posibles cambios en la decisión de viaje de los usuarios de transporte público en función de las dinámicas de modificación de algunas determinantes de la demanda individual, ante las nuevas características de la oferta del SETP de la ciudad de Pasto.

De esta manera, en el presente capítulo se define y desarrolla un procedimiento metodológico de análisis para la generación de dicho instrumento, que permita medir la sensibilidad de las determinantes priorizadas en función de las nuevas características de la oferta del SETP.

Es así como se ha encontrado la oportunidad de construir índices sintéticos que permitan contener los resultados de las preferencias declaradas por los encuestados respecto al nuevo SETP, y representar una medida que resuma el comportamiento de los usuarios frente a cambios en las determinantes de la demanda individual.

En el Capítulo 4, se trabajó a partir del análisis de agregación de datos, que permitía obtener indicadores simples, entendidos como datos o combinación de datos para calificar el estado de un componente de interés (Escobar Jaramillo, 2008). Así, a través de las frecuencias relativas agregadas, se obtuvieron indicadores simples que permitieron comparar comportamientos de las variables seleccionadas, de manera puntual: por

ejemplo, la proporción de potenciales usuarios del SETP que estaría dispuestos a subir siempre al SETP si tuviera que caminar 5 minutos.

En este sentido, en línea con los ejercicios propuestos en el capítulo anterior, se podrían obtener cuantos indicadores simples el investigador desee para indagar sobre condiciones específicas en relación con determinantes de la demanda individual y características de los usuarios. De ahí que, para el caso presentado, como se comentó en el capítulo anterior, se acotó el ejercicio al uso de unas variables y valores específicos.

Por su parte, el índice sintético, como su nombre lo indica y siguiendo con lo propuesto por Escobar Jaramillo (2008), permite recoger a través de una combinación matemática objetiva los indicadores simples. En este orden de ideas, a través de los índices sintéticos se busca, para este trabajo, compilar de manera robusta y sistemática la gran cantidad de datos relacionados con las preferencias de cada uno de los potenciales usuarios del SETP, en una descripción cuantitativa, resumida y práctica.

Teniendo en cuenta lo anterior, a partir de la revisión de los datos disponibles y las variables caracterizadas a partir de la información de la base de datos de las encuestas de preferencias declaradas disponible, en el presente capítulo se construyen dos índices sintéticos:

- i) Índice de disponibilidad a viajar en el nuevo SETP
- ii) Índice de valoración a la calidad del sistema

El primero recoge las respuestas obtenidas para los potenciales usuarios del SETP sobre su disposición a usar siempre, la mayoría de las veces, algunas veces y nunca el nuevo sistema, al cambiar condiciones respecto al tiempo de caminata, tiempo de espera, tiempo de compra/recarga de la tarjeta, respecto a la comodidad del viaje en bus (viajar sentado o de pie), y tener que hacer trasbordos.

El segundo índice agrega la anterior información, más la disponibilidad a pagar demás por mejoras en el tiempo de viaje.

A través de la obtención de estos dos índices y su contraste versus características de los encuestados, se cumple de manera satisfactoria con el objetivo general de este trabajo, obteniendo una caracterización mucho más robusta y completa.

Expuesto esto, cabe señalar que para los propósitos de este trabajo, se ha encontrado que el análisis estadístico multivariado se presenta como una herramienta potente para lograr la agregación de datos en índices sintéticos, a través de la exploración de la correlación de los indicadores simples, la reducción de la dimensionalidad de los datos, la agrupación de los indicadores a través de componentes, y la calificación y ordenación de las unidades de observación (Escobar Jaramillo, 2008). De esta forma, el índice sintético, posee su propio orden de magnitud y se puede leer entre un rango específico para facilitar su interpretación.

De esta manera, para caracterizar la disponibilidad que tendrían los usuarios a usar el nuevo SETP, y su valoración respecto a mejoras en el servicio, a partir de los resultados de la Base de Datos de la ETLF del SETP de Pasto de 2015, en procura de compilar la amplia información evaluada en las distintas variables, se acude al uso de la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP), como herramienta de estadística multivariada para la síntesis y agregación de los datos.

Por consiguiente, en el presente capítulo se incluye una breve conceptualización de la mencionada técnica y de su uso en la construcción de índices sintéticos, para con ello dar paso a su aplicación sobre la Base de Datos disponible de Preferencia Declaradas para el SETP de Pasto, para la evaluación de los índices sintéticos señalados. Finalmente, se analiza el comportamiento de los índices en relación con las características de los encuestados.

5.1 El Análisis Multivariado como una herramienta para el procesamiento y síntesis de datos

Los métodos estadísticos de Análisis Multivariado se han convertido en potentes herramientas para orientar agregaciones de grandes bases de datos que describen fenómenos específicos, y que pueden ser resumidos en un menor número de variables e indicadores más robustos que permitan reflejar su correspondiente información.

Tal es el caso del Análisis de Componentes Principales (ACP), entendido como un método de estadística multivariada que consiste en la agrupación de la información por componentes ortogonales, permitiendo resumir el número de variables contempladas en

una observación. Así lo resumen González, Llinás Solano y Tilano (2008), quienes a partir de la revisión de literatura concluyen que:

“(...) el ACP es una técnica estadística de análisis multivariado que permite seccionar la información contenida en un conjunto de p variables de interés en m nuevas variables independientes. Cada una explica una parte específica de la información y mediante combinación lineal de las variables originales otorgan la posibilidad de resumir la información, total en pocas componentes que reducen la dimensión del problema”. (pág. 122)

De esta manera, en una matriz de variables determinada, en la que se contienen datos sobre individuos para un número de variables de análisis, las componentes principales se presentan como nuevas variables compuestas no correlacionadas. Unas cuantas de estas nuevas variables explican la mayor parte de la variabilidad de los datos de la matriz (Peña Méndez & Gutiérrez Sánchez, 2014).

Partiendo de estas definiciones, y en consideración de las oportunidades de exploración que permite la metodología ACP, como lo recoge Bulla Cruz (2020), estos métodos se han venido usando ampliamente para sintetizar índices sociales que puedan modelar y representar fenómenos a partir de un amplio número de variables en consideración.

“Con frecuencia, en la investigación científica, no se pueden medir directamente algunas variables conceptuales o abstractas y se hace necesario medirlas indirectamente lo más aproximadamente posible a través de un conjunto de indicadores. Asimismo, en la gestión de los sistemas administrativos medianamente complejos, generalmente se miden indicadores simples con el propósito de construir índices sintéticos que permitan monitorear o analizar el comportamiento de variables o fenómenos de interés” (Yengle Ruiz, Aplicación del análisis de componentes principales como técnica para obtener índices sintéticos de calidad ambiental, 2012).

En línea con lo anterior, y en consideración de lo revisado en el Capítulo 4 de este trabajo, se encuentra como oportunidad para complementar la instrumentación del análisis de los resultados de las encuestas de PD producto de la ETLF del SETP de Pasto de 2015,

el uso de la metodología de ACP como herramienta estadística multivariable de apoyo. Así, al considerar la amplitud del espectro de variables consultadas a los encuestados respecto a su disponibilidad futura de uso del nuevo sistema estratégico de transporte público, vale la pena entender correlacionamientos independientes de las variables, que permitan analizar de manera resumida la amplia información disponible, por componentes, y a partir de ello buscar la construcción de índices sintéticos que permitan entender el comportamiento del usuario respecto a las distintas condiciones evaluadas en la encuesta (determinantes de la demanda individual).

5.2 Construcción Índices de Disponibilidad de Uso y Valoración del Servicio del nuevo SETP

En consideración de lo anterior, se describe la metodología que se usó para construir los Índices Sintéticos que permitan resumir la Disponibilidad de Uso y Fidelidad hacia el nuevo SETP.

De esta manera, a partir de la base de datos disponible, obtenida a partir del ejercicio de Preferencias Reveladas y Declaradas de la Estructuración Técnica, Legal y Financiera a detalle del SETP para la ciudad de Pasto (2015), se adelanta la correspondiente limpieza y complementación de datos, para con ello aplicar el tratamiento multivariado de los datos mediante Análisis de Componentes Principales (ACP).

Dado el tipo de variables por analizar, antes de ejecutar el APC, se adelanta la aplicación de correlaciones policóricas, que permiten estimaciones de la proporción explicada de la varianza más precisas, para variables categóricas (Pérez, 2012). Esto se explica con mayor detalle más adelante.

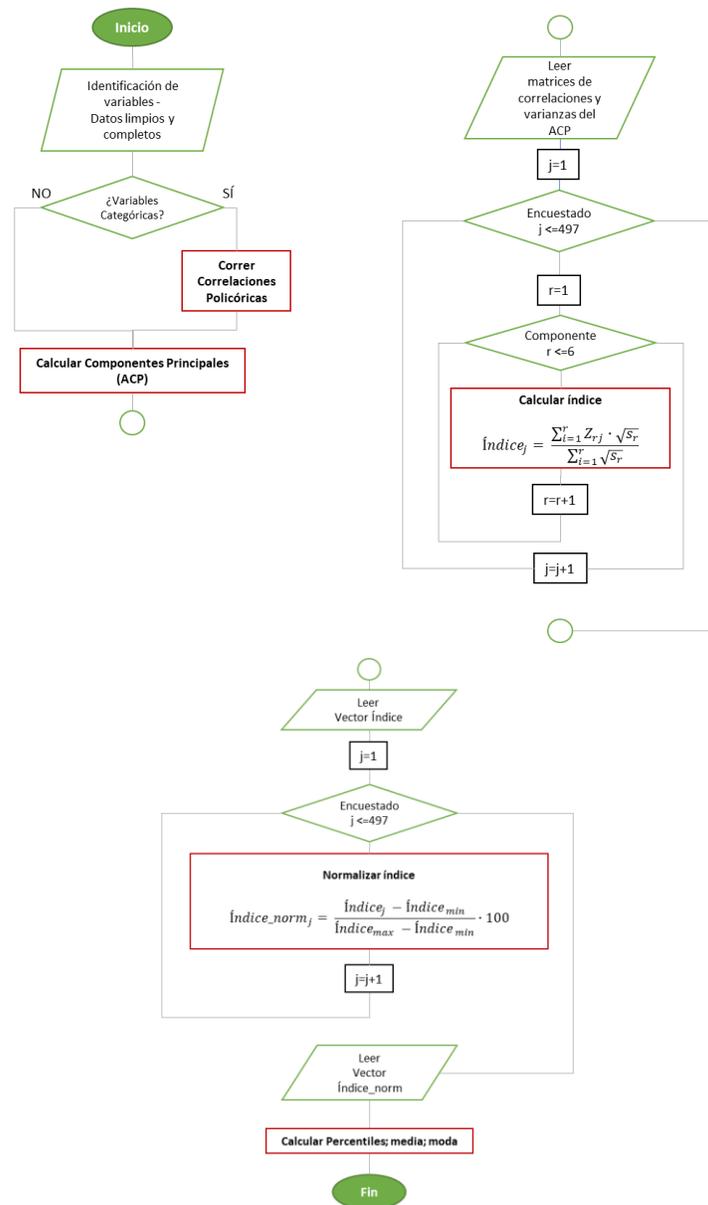
Una vez construidos los componentes principales que resumen las variables en consideración, se obtienen los valores de los Índices Sintéticos para cada una de las observaciones, a partir de la ponderación de los datos de las variables en consideración de los valores propios de los componentes obtenidos y sus varianzas.

Finalmente, a partir del nuevo vector de resultados de los índices para cada observación de la muestra, se adelantan comparaciones de estos versus las variables socioeconómicas, con el propósito de sondear la sensibilidad de las expectativas de los

potenciales usuarios en relación con las características de los encuestados y su fidelidad al nuevo SETP.

Como herramienta de apoyo para el cálculo y tratamiento de los datos se utilizó el software de tratamiento estadístico STATA®.

Figura 17. Diagrama de flujo para el cálculo de índices sintéticos con ACP



Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes numerales, se detalla el proceso esquematizado en la Figura 17.

5.2.1 Preparación de los datos

Como se trabajó en los análisis comparativos del Capítulo 4, para caracterizar y sintetizar la disponibilidad de uso y valoración de mejoras en el servicio de los potenciales usuarios, se trabajará con las variables que describen los cambios de los determinantes de la demanda individual, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Nomenclatura variables Cambios de los determinantes de la demanda individual

GRUPO VARIABLES	DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA	CATEGORÍAS
Variables A	... que esperar el bus	A1	Menos de tres (3) minutos
		A2	Hasta cinco (5) minutos
		A3	Hasta diez (10) minutos
		A4	Hasta quince (15) minutos
		A5	Hasta veinte (20) minutos
Variables B	... que caminar hasta el paradero	B1	Menos de tres (3) cuadras
		B2	Hasta cinco (5) cuadras
		B3	Hasta diez (10) cuadras
		B4	Hasta quince (15) cuadras
		B5	Hasta veinte (20) cuadras
Variables C	... que gastar tiempo para la compra del tiquete	C1	Menos de tres (3) minutos
		C2	Hasta cinco (5) minutos
		C3	Hasta diez (10) minutos
		C4	Hasta quince (15) minutos
		C5	Hasta veinte (20) minutos
Variables D	... que viajar (sentado/de pie)	D1	Sentado con la escogencia de la silla que me gusta. (sillas disponibles)
		D2	Sentado en la silla disponible
		D3	Algún trayecto del viaje de pie
		D4	Todo el trayecto de pie
Variables E	... que cambiar de vehículo	E1	Una vez en la vía
		E2	Una vez en una terminal
		E3	Dos veces en la vía
		E4	Dos veces en terminales
Variables F	... cuánto estaría dispuesto a pagar de más	F1	Ahorro de 3 min en el tiempo de viaje
		F2	Ahorro de 5 min en el tiempo de viaje
		F3	Ahorro de 10 min en el tiempo de viaje
		F4	Ahorro de 15 min en el tiempo de viaje

Se tienen en total 27 variables.

Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera, teniendo en cuenta que las opciones de respuesta para las preferencias evaluadas en la encuesta de referencia, en las Variables A a E, se delimitaron de manera categórica entre las opciones i) Siempre, ii) la mayoría de las veces, iii) algunas veces y iv) nunca, es preciso llevar dichos resultados a una escala numérica, que refleje de manera ordenada la probabilidad de uso del sistema. Para este ejercicio se asignaron valores enteros entre 1 y 4, donde 1 corresponde a la opción menos probable de uso del sistema y 4, la opción más probable. Esto, en correspondencia con el principio de

monotonía que se espera obtener en los índices sintéticos (Escobar Jaramillo, 2008), donde los valores en las variables categóricas no son aleatorios, sino que responden a un orden específico (4 refiere a la mayor disponibilidad y 1 la menor).

Con respecto a las Variables F , con el propósito de contar con una misma base de referencia, se calculó el valor correspondiente a la tarifa adicional que está dispuesto a pagar el usuario por minuto ahorrado de viaje. Esto, refleja la valoración que hace el encuestado respecto a la calidad del servicio.

Hecho esto, con el propósito de evitar desviaciones en los resultados con datos que se tomen con valor cero, se adelantó una imputación de datos faltantes. En este sentido, teniendo en cuenta que los datos faltantes en la base eran reducidos (menor al 10%), y teniendo en cuenta que los datos mantienen un relacionamiento conforme al tipo de encuesta, se aplicó una imputación mediante una distribución no condicionada (*hot-deck*), con el objetivo de preservar la distribución de probabilidad de las variables con datos incompletos evitando sesgos en el estimador y su error estándar. En este método, se hace el llenado de la información faltante, a partir de la selección aleatoria de valores observados asegurando que la imputación se realice entre observaciones con características comunes (Medina & Galván, 2007).

Los ejercicios de asignación de escala numérica en las variables A a E, así como el ejercicio de imputación de datos faltantes se realizó a través del paquete estadístico STATA®.

5.2.2 Cálculo de la matriz de correlación – Correlaciones policóricas

Procedimientos como el Análisis de Componentes Principales utilizan la matriz de correlaciones entre las variables de interés para construir un conjunto de indicadores que resuman la información contenida en la base de datos. De acuerdo con Freiberg Hoffman, Stover, De la Iglesia, & Fernandez Liporace (2013), para que estos métodos puedan tener lugar, parten de matrices de correlaciones que permitan estimar las covariaciones entre los elementos. Así los autores exponen que, si bien tradicionalmente, para la obtención de dichas matrices se usan las correlaciones de Pearson, aplicable a variables continuas, y que se ha extendido a variables categóricas y dicotómicas, asumiendo que las mismas responden a un nivel de medición intervalar, en la actualidad, se han propuesto nuevas

aproximaciones en función del nivel de medición de las variables que participen en el ejercicio de análisis multivariado.

En este sentido, para el caso de ACP, en consideración de la necesidad de contar con datos normales estándar, en principio no se podrían usar para datos categóricos, como los considerados para las Preferencias Declaradas, dentro del presente trabajo. No obstante, varios autores han analizado alternativas para la generación de matrices de correlación que se ajusten a las características ordinales de variables como las categóricas o dicotómicas, las cuales violan el supuesto de normalidad de las variables (Pérez, 2012).

Es así como se ha extendido el uso de Correlaciones Policóricas, Tetracóricas y Poliseriales, para la aplicación de métodos como el ACP, cuando aparecen variables ordinales.

“De acuerdo con ciertos autores los tipos de correlaciones que deben aplicarse a cada estudio (AFE, ACP, AFC) dependen del nivel de medición de las variables que participen del mismo (Lévy Mangin, Martín Fuentes y Román González, 2006; Manzano Patiño y Zamora Muñoz, 2009; Ogasawara, 2011). De esta manera si todas ellas son continuas la matriz debe responder al modelo de Pearson. Si todas son dicotómicas se utiliza una matriz de correlación tetracórica (TCC). Si la totalidad es ordinal o algunas son ordinales y otras dicotómicas, corresponde el uso de una matriz de correlación policórica (PCC). Por otro lado, si algunas son continuas y otras son ordinales se emplea una matriz de correlación poliserial (...)” (Freiberg Hoffman, Stover, De la Iglesia, & Fernandez Liporace, 2013).

Así, las correlaciones policóricas y tetracóricas, consideran la construcción de variables latentes a partir de aquellas ya observadas, las cuales definen umbrales en el dominio de distribuciones normales, y a partir de ello se calculan las correspondientes correlaciones (Ramos & Plata, 2015). Se ha concluido que el uso de correlaciones policóricas para el tratamiento de variables categóricas, si bien es más engorroso que el método tradicional de Pearson genera resultados más precisos y metodológicamente correctos, obteniendo mejor ajuste y niveles de significación en las relaciones entre variables y mejores estimaciones en análisis de fiabilidad (Barajas Marcos, 2015).

Teniendo en consideración lo anterior, a través de STATA®, se aplicó la correlación policórica a la base de datos con las respuestas de Preferencias Declaradas, obteniendo

las respectivas matrices de correlación entre las variables categóricas, para posteriormente aplicar la metodología de ACP.

5.2.3 Aplicación de Análisis de Componentes Principales (ACP)

Con la matriz de correlación policórica calculada, se procede a aplicar la metodología de componentes principales a través del aplicativo STATA®.

Figura 18. Resultados valores propios obtenidos de la aplicación de ACP en STATA®

```
. pcamat r, n($N) forcepsd factors(10)
2 negative eigenvalues (-.08112588,-.09798037) found and replaced by 0
```

Principal components/correlation

Number of obs	=	497
Number of comp.	=	10
Trace	=	21
Rho	=	0.9103

Rotation: (unrotated = principal)

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	6.51667	2.3837	0.3103	0.3103
Comp2	4.13297	2.20721	0.1968	0.5071
Comp3	1.92577	.451602	0.0917	0.5988
Comp4	1.47417	.253383	0.0702	0.6690
Comp5	1.22078	.153193	0.0581	0.7272
Comp6	1.06759	.0851703	0.0508	0.7780
Comp7	.982421	.231134	0.0468	0.8248
Comp8	.751287	.186001	0.0358	0.8606
Comp9	.565285	.0849965	0.0269	0.8875
Comp10	.480289	.0801998	0.0229	0.9103
Comp11	.400089	.0104933	0.0191	0.9294
Comp12	.389596	.058831	0.0186	0.9479
Comp13	.330765	.07811	0.0158	0.9637
Comp14	.252655	.0556958	0.0120	0.9757
Comp15	.196959	.050281	0.0094	0.9851
Comp16	.146678	.0548827	0.0070	0.9921
Comp17	.0917955	.0296648	0.0044	0.9965
Comp18	.0621307	.0500398	0.0030	0.9994
Comp19	.0120909	.0120909	0.0006	1.0000
Comp20	0	0	0.0000	1.0000
Comp21	0	.	0.0000	1.0000

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la literatura existen varios métodos para elegir el número de componentes (Pérez, 2012). Para este caso, se optó por el uso de seis componentes para resumir de manera efectiva la información contenida en la base de datos (valor propio mayor a 1 y proporción de la varianza acumulada cerca del 80%). Es importante, igualmente, resaltar que las dos primeras componentes explican, entre las dos, un poco

más del 50% de la varianza total de los datos, por lo que vale la pena analizar los resultados obtenidos de coeficientes de correlación para las mismas.

Tabla 3. Matriz de coeficientes de correlación a partir de APC

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6
a1	0,1836	0,3046	-0,1099	0,3181	0,0904	0,2957
a2	0,242	0,1073	-0,1372	0,1967	-0,0755	0,352
a3	0,2535	-0,2165	0,0098	-0,0238	0,0861	0,3205
a4	0,2619	-0,2471	-0,0872	-0,1329	0,1333	0,274
a5	0,2535	-0,2006	-0,2514	-0,1904	0,0714	0,2774
b1	0,1569	0,246	0,2602	0,4032	0,0717	0,1118
b2	0,1624	-0,1566	0,4534	0,2457	0,0087	-0,2121
b3	0,1747	-0,1951	0,4525	0,0824	0,013	-0,0174
b4	0,2201	-0,2295	0,3884	0,0211	-0,0771	0,1651
c1	0,1853	0,307	-0,1195	0,3029	-0,0826	-0,1617
c2	0,2607	0,01	-0,1598	0,1604	-0,0475	-0,3408
c3	0,2929	-0,1256	-0,0809	0,032	-0,2195	-0,3693
c4	0,2829	-0,1664	-0,1943	0,0274	-0,2597	-0,1432
c5	0,2833	-0,125	-0,2253	0,0762	-0,2003	-0,0612
d1	0,0893	0,351	-0,0848	0,0595	0,1639	-0,0309
d2	0,188	0,0154	0,0218	-0,1748	0,6053	-0,3121
d3	0,2596	0,0452	-0,0647	-0,106	0,5228	-0,1162
e1	0,0946	0,3236	0,2086	-0,2012	-0,0037	0,1678
e2	0,1662	0,279	0,2311	-0,3237	-0,1765	0,0187
e3	0,2099	0,2398	0,1573	-0,4003	-0,1985	-0,0481
e4	0,2024	0,2297	-0,0304	-0,3155	-0,2063	-0,0574

Fuente: Elaboración Propia.

En la matriz se encuentran los valores de los coeficientes de correlación entre las variables y los componentes obtenidos. De esta manera, para el Componente 1, el cual explica más del 30% de la varianza, se observa que las variables asociadas con gastar tiempo en la compra del tiquete (Variables C) tienen mayor representatividad y, por lo tanto, podría decirse que esta determinante de la demanda individual tiene un peso importante en el momento de decidir usar el nuevo SETP. Por su parte, si se revisan los datos obtenidos para el Componente 2, es posible identificar que los mayores valores de los coeficientes corresponden a aquellas variables que presentan la mejor condición de viaje (variables a1, b1, c1, d1, e1). Así, lo que podría resumir dicha componente, que explica cerca del 20% de la varianza, es la alta disponibilidad de viaje que tienen los potenciales usuarios cuando se le presentan condiciones de acceso muy cómodas, lo cual es consecuente con lo esperado. No obstante, en tanto que los valores de los coeficientes para las siguientes condiciones (aquellas donde se incrementan los tiempos o desmejora la comodidad en el viaje), se encuentran suficientemente alejados, lo que sugiere que para

los encuestados se tiene una gran sensibilidad hacia condiciones de la oferta menos favorables.

Es así como, a partir de esta información, se construyen los indicadores sintéticos con los que se busca resumir la disponibilidad de uso y valoración del servicio de los potenciales usuarios de cara al nuevo SETP de la ciudad de Pasto, a través de la ponderación de los valores de las variables de Preferencias Declaradas de la base de datos. El procedimiento empleado se detalla a continuación.

5.2.4 Cálculo de los Índices de Disponibilidad de Uso (IDU) y Valoración del Servicio (IVS) con respecto al nuevo SETP

Teniendo en cuenta las características de las variables analizadas como componentes principales, se proponen dos índices sintéticos de la información: i) Índice de Disponibilidad de Uso del sistema (IDU) e ii) Índice de Valoración de la calidad del Servicio (IVS) (en función de mejoras en el tiempo de viaje).

Se propone el nombre para el primero, teniendo en cuenta que se obtuvieron los componentes principales de la información obtenida para las variables *A* a *E* (ver Tabla 2), las cuales contienen las respuestas dadas por los individuos encuestados sobre *qué tan dispuestos están a usar el nuevo SETP, en función de distintas características de su viaje* (determinantes de demanda individual).

Por su parte, para el segundo, se propone su nombre en razón que, además de las variables anteriores, se tuvieron en consideración los resultados de las encuestas sobre *cuánto estaría dispuesto a pagar de más si se tuvieran ahorros en el tiempo de su viaje*. Esto, refleja esa valoración que hace el potencial usuario del SETP de las mejoras que pudieran llegar a ofrecerse para su viaje, en este caso, desde el tiempo de viaje.

Dicho esto, siguiendo el procedimiento compilado por Escobar Jaramillo (2008), una vez obtenida la matriz con los valores para cada componente principal, se calcula un promedio ponderando por la raíz cuadrada de la varianza asociada a cada componente (Escobar Jaramillo, 2008) (Yengle Ruiz, 2012), como peso relativo, para evitar que el resultado final sea susceptible a problemas de escala.

Para la estimación de la matriz de los componentes principales, esto es, las nuevas variables a partir de combinaciones lineales, se multiplicó la matriz con los valores de las

variables originales de preferencias declaradas por la matriz de coeficientes de correlación que resultaron.

Así, el índice para cada individuo de la muestra se obtiene por:

$$\text{Índice}_j = \frac{\sum_{i=1}^r Z_{rj} \sqrt{s_r}}{\sum_{i=1}^r \sqrt{s_r}}, j= 1,2 \dots 497 \text{ encuestados y } r= 1,2,3 \dots 6 \text{ componentes}$$

Donde Z_{rj} corresponde a la puntuación del componente r -ésimo para el individuo j -ésimo, y $\sqrt{s_r}$ la raíz cuadrada de la varianza de cada componente.

Finalmente, y con el propósito de facilitar la interpretación y manejo de los índices, se aplica la normalización basada en la unidad, llevando los resultados a una distribución entre 0 y 100.

De esta manera, para el primer índice – IDU – el valor de 0 corresponde al individuo con la menor disponibilidad a viajar en el nuevo SETP entre toda la muestra, y 100 representa al usuario cuyas respuestas de preferencia declarada representan la mayor disponibilidad a usar el nuevo sistema, bajo las determinantes de la demanda individual puestas a consideración en la encuesta de referencia. Esto permite validar el principio de monotonía esperado.

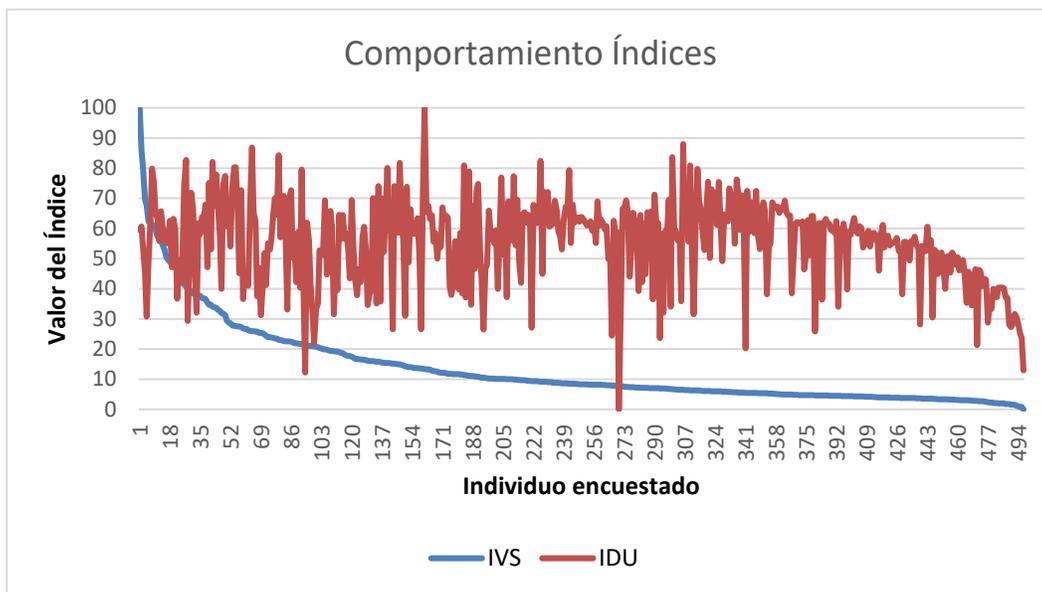
Ahora bien, para el segundo índice – IVS – el valor 0 se refiere en este ejercicio al individuo con menor valoración de la calidad del servicio (la menor disponibilidad a viajar en el nuevo sistema y menor disponibilidad a pagar por mejorar el tiempo de viaje), mientras que el valor de 100, refiere a aquel individuo cuyas respuestas a las preguntas de preferencias declaradas recogen valores con mayor disponibilidad y valoración del sistema (valores más altos para las Variables A a F).

5.3 Sensibilidad en la decisión de viaje de los usuarios. Análisis de Resultados Índices Sintéticos

Tomando como referencia lo explicado anteriormente, para el análisis de los resultados obtenidos, se acude a la agregación de los valores resultantes para cada uno de los índices sintéticos construidos, para la totalidad de individuos de la muestra. Una vez entendido el comportamiento general de los índices, se analizan los resultados en relación

con las características socioeconómicas extraídas en las Encuestas de Preferencias Reveladas y Declaradas de referencia. De esta manera, es posible contrastar, ahora con el apoyo de los resultados de los análisis multivariados, las relaciones entre las preferencias de los potenciales usuarios del nuevo SETP de Pasto, respecto a las determinantes de la demanda individual y sus características socioeconómicas. Esto, en correspondencia con lo planteado en los capítulos 3 y 4.

Figura 19. Resultados índices de disponibilidad de uso y de valoración a la calidad del servicio en la muestra



Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 19, presenta los resultados obtenidos para los índices sintéticos construidos, compilados gráficamente para cada uno de los usuarios encuestados. En la gráfica, se observa que el IDU tiene un comportamiento muy homogéneo para la mayoría de los potenciales usuarios, alrededor de valores medios, teniendo valores menores en una pequeña porción de individuos encuestados. Por su parte, el IVS en general presenta valores bajos para la mayoría de los individuos, con una pequeña porción que obtiene los valores más altos.

Para precisar estas aproximaciones gráficas, se presenta a continuación, en la Tabla 4, el cálculo de estadísticas descriptivas sobre los resultados, lo que permite soportar con detalle numérico lo expuesto anteriormente.

Tabla 4. Estadística descriptiva para los resultados de los índices sintéticos

Percentil	IDU	IVS
10%	36,44	3,51
20%	44,09	4,42
30%	50,89	5,41
40%	54,89	6,77
50%	58,01	8,30
60%	60,63	10,17
70%	62,82	14,34
80%	65,68	20,74
90%	70,88	29,07
100%	100,00	100,00
Media	55,56	13,49
Moda	55,98	2,03

Fuente: Elaboración Propia.

En este sentido, se valida que, en general, el comportamiento del IDU es muy uniforme en la muestra, con una media para el índice de 55,56 y una moda de 55,98, donde solamente el 20% de los encuestados reportan una disponibilidad menor a 44,03. A partir de esto, se puede concluir que a partir de cambios en las características de la oferta del servicio (caminata a paraderos, tener que comprar un medio de pago, posibles frecuencias más espaciadas, mayor ocupación, etc.) los pastusos, según la muestra, tendrían un grado medio de fidelidad al servicio de transporte público formal, y estarían dispuestos a usar un nuevo sistema de transporte, a pesar de los cambios puestos en consideración, aunque dicha disponibilidad no es absoluta. Esto quiere decir que, al momento de considerar usar el nuevo SETP bajo las condiciones puestas en consideración, en su proceso de decisión el individuo se encontrará en una disyuntiva casi binaria: se va a sentir inclinado a viajar en el sistema, pero en una proporción muy similar consideraría usar otra alternativa.

En contraste, el comportamiento del IVS se mantiene con valores muy pequeños, con una media para este índice de 13,49 y una moda de 2,03, donde el 90% de los potenciales usuarios sostiene valores del índice menores a 29,07. De esto es posible inferir que, si bien los encuestados están dispuestos a usar el nuevo SETP, su respuesta a mejores condiciones en el servicio, que les representen menores tiempos de viaje, (en

consideración de la definición de las Variables F) estarán poco dispuestos a pagar más, lo que supone importantes retos frente a las políticas tarifarias del sistema.

Es importante resaltar nuevamente, como se ha advertido en distintos apartes de este trabajo, que los resultados obtenidos para los índices estarán sujetos a las limitaciones del instrumento de levantamiento de información empleado¹⁷. En este caso, al basar el ejercicio en encuestas de preferencias declaradas, se entiende que se podría tener sesgos por predisposición, afirmación, racionalización, entre otros (Ortúzar, 2016), que podrían generar mayor resistencia en los potenciales usuarios para usar el nuevo sistema, que la finalmente podrían llegar a tener. Esto es importante, para que el planeador del sistema pueda formular estrategias de comunicación, divulgación y mercadeo que permitan mejor información y conocimiento del servicio actual y futuro.

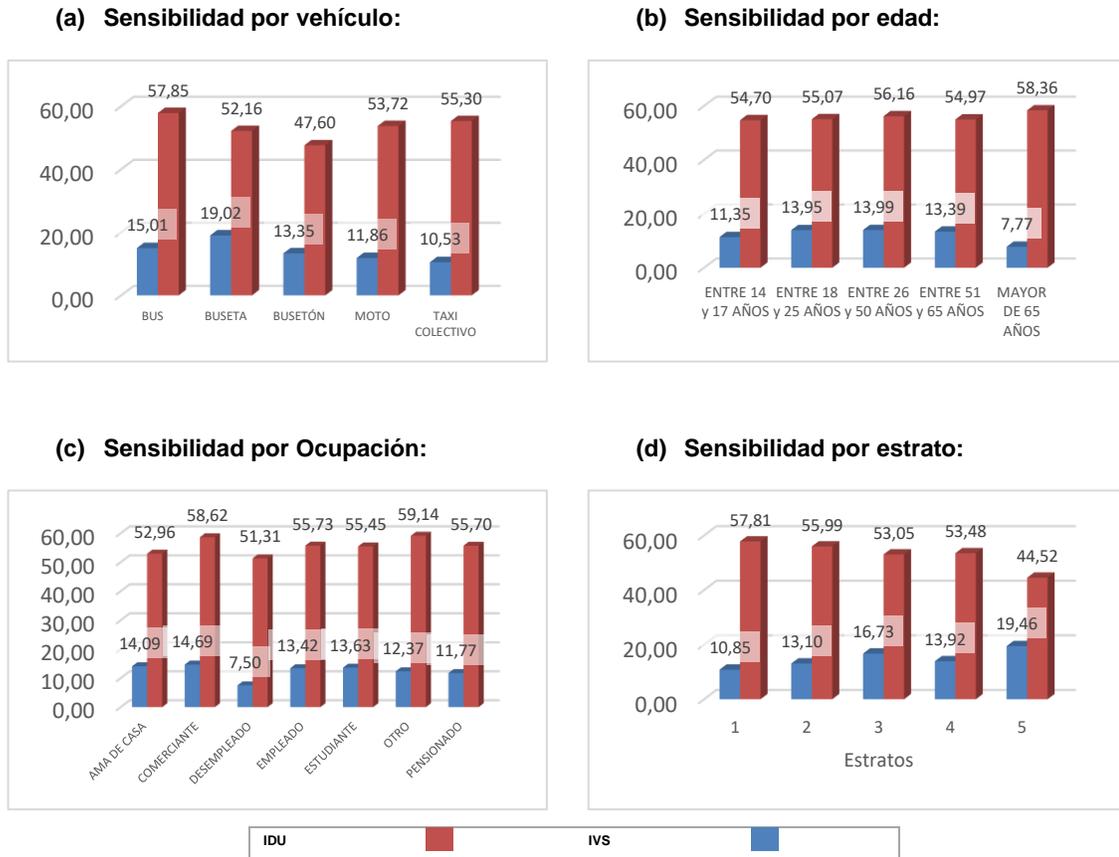
De esta forma, se puede concluir que el planeador del SETP podrá introducir ajustes en las características del servicio con un impacto medio en los usuarios, por lo que los planes de implementación deberían considerar medidas progresivas, monitoreando las determinantes de la demanda individual con mayor sensibilidad. Dicha sensibilidad, como se exploró en el Capítulo 4, está condicionada por las características del potencial usuario, e incluso de las condiciones actuales de su viaje.

En el siguiente numeral, se presenta una agregación de los resultados de los índices sintéticos obtenidos, en contraste con las variables consideradas en la encuesta de Preferencias Reveladas, por ejemplo: el medio de transporte usado, el grupo etario al que pertenece el encuestado, su ocupación laboral y estrato socioeconómico. De esta manera, se tiene una referencia de la sensibilidad de los usuarios, como preferencias y determinantes de la demanda individual. Vale la pena recordar, como se mencionó en el Capítulo 4, que los resultados para categorizaciones de los datos, para este ejercicio, no son estadísticamente representativos, en tanto que el número de encuestados que se puede contar en la Base de Datos para las categorías establecidas puede llegar a ser

¹⁷ Ver Capítulo 2, Figura 7. Limitaciones encuestas de preferencias reveladas y declaradas

considerablemente pequeño. No obstante, los resultados son indicativos a modo de sondeo.

Figura 20. Índices sintéticos de disponibilidad de uso y valoración del servicio versus variables reveladas



Fuente: Elaboración Propia.

En este punto, es importante señalar que las desagregaciones que se presentan en la Figura 20, se toman como referencia a partir de una muestra representativa para el universo de viajes en TPC. No obstante, en caso de que se desee indagar por resultados de manera específica en alguna de las categorías, como se enunciaba anteriormente, será necesario ampliar las muestras correspondientes para mejorar la representatividad de los resultados (especialmente en aquellas categorías con participaciones más pequeñas).

5.3.1 Sensibilidad respecto al medio de transporte del encuestado

A partir de las gráficas compiladas, en la Figura 20 (a), se puede observar que para el Índice sintético de Disponibilidad para usar el nuevo SETP, los usuarios del actual servicio de Transporte Público Colectivo (TPC) tienen variaciones importantes en función del vehículo en el que se hacían su viaje. Así, para los usuarios que viajaban en busetón se encuentra una menor disponibilidad que en aquellos que viajaban en bus (IDU_Busetón = 47,60, vs. IDU_Bus = 57,85). Teniendo en cuenta, como se observó anteriormente, que el Índice de Disponibilidad tiene un comportamiento muy homogéneo entre los individuos encuestados, con un promedio de 55,56, se valida que el valor para los usuarios de busetón, sostiene un decrecimiento importante con respecto a la media. Al validar la base de datos, se encuentra que este tipo de vehículos corresponde a la tipología usada para la operación de unas rutas específicas, por lo que se podría inferir que los usuarios de estas rutas tienen unas condiciones de servicio que se valoran con mayor celo, con respecto a las condiciones puestas en consideración para el nuevo sistema.

Ahora bien, es interesante resaltar que los individuos encuestados que no estaban usando el servicio de transporte público colectivo (moto y taxi colectivo), sostienen una disponibilidad de uso respecto al nuevo SETP, muy similar a la de los individuos que se encontraban usando los buses al momento de la encuesta (p. ej. IDU_Bus = 57,85, vs. IDU_Taxicolectivo = 55,30). Esto, sugiere una oportunidad de captura de usuarios de otros medios de transporte que deberá ser tenida en cuenta por el planeador del SETP, para ampliar la demanda de usuarios del sistema.

Por otro lado, con respecto al Índice de Valoración de la calidad del sistema, se encuentra que los usuarios de Buseta tienen una mayor disposición a retribuir mejoras en el servicio del nuevo SETP, en comparación con aquellos individuos que usaban otros medios de transporte distintos al TPC (p. ej. IVS_Buseta = 19,02, vs. IVS_Taxicolectivo = 10,53).

Respecto al análisis de la sensibilidad de los índices sintéticos para usuarios y no usuarios del TPC, se debe destacar que los resultados expuestos son comparables para estos grupos de encuestados, en tanto que los correspondientes índices se obtienen de una aplicación de la herramienta de ACP sobre la información de toda la base. Por lo tanto, los componentes y matrices de correlación con los que se construyen los índices para

usuarios y no usuarios del TPC son las mismas y, por consiguiente, los resultados sintéticos se obtienen a partir del mismo resumen de variables.

Se incluye esta aclaración, en tanto que podría haberse planteado la alternativa de obtener índices sintéticos de manera separada: aplicando un ACP sólo para usuarios y otro APC para no usuarios. Lastimosamente, una aproximación así llevaría a que la construcción de los índices sintéticos para cada grupo de encuestados no cuente con las mismas matrices de componentes y de correlación¹⁸, por lo que sus resultados no serían comparables.

5.3.2 Sensibilidad respecto a la edad

Conforme a los resultados de la Figura 20 (b), se observa que la disponibilidad para usar el nuevo SETP no tiene grandes variaciones según los grupos etarios encuestados y categorizados en la encuesta de referencia. No obstante, vale la pena resaltar que los potenciales usuarios más jóvenes son más exigentes, al contrario de aquellos que son de mayor edad (p. ej. IDU_14a17años = 54,70, vs. IDU_>65años = 58,36). Estos resultados son consistentes con las aproximaciones que se presentaron en el Capítulo 4, donde se comparaba la disponibilidad a usar “siempre” el sistema con respecto a la edad. La ventaja

¹⁸ Para el ACP con datos únicamente de usuarios el vector de valores propios de la varianza para los componentes es el siguiente:

Componente 1	6.00142
Componente 2	4.85104
Componente 3	1.75917
Componente 4	1.60128
Componente 5	1.33796
Componente 6	1.2409

Mientras que el vector correspondiente para los datos únicamente de los no usuarios es el siguiente:

Componente 1	5.209
Componente 2	2.27014
Componente 3	1.32796
Componente 4	1.10666
Componente 5	0.966196
Componente 6	0.896622

del índice sintético, en este caso, corresponde a que el mismo no sólo recoge la disposición a viajar “siempre”, sino que contiene también las opciones de respuesta que sugieren probabilidades parciales de uso del nuevo SETP (“la mayoría de las veces”, “algunas veces”).

Con respecto al Índice de Valoración del servicio, se encuentra que los grupos medios de edad tienen una mejor disposición a valorar mejoras en el servicio que los potenciales usuarios más jóvenes y mayores, significativamente menor en el caso de los mayores de 65 años. Se podría inferir que, teniendo en cuenta que este indicador recoge las variables respecto a la disposición a pagar más por mejores tiempos, los individuos de los grupos de edad extremos son más susceptibles a cambios en la tarifa, probablemente asociado a su solvencia económica (p. ej. IVS_26a50años = 13,99, vs. IVS_> 65años = 7,77).

5.3.3 Sensibilidad respecto a la ocupación

Con respecto a lo obtenido en la Figura 20 (c), respecto a la disponibilidad a usar el nuevo sistema, en consideración de las características del SETP versus las que hoy se tienen en el servicio tradicional (p. ej. tener que caminar a un paradero, tener que comprar el medio de pago, entre otras.), se obtienen conclusiones coherentes con respecto a los condicionamientos de los viajes en función del tipo de ocupación. En este sentido, se destaca que los usuarios que deben desplazarse de manera rutinaria (estudiantes, empleados, comerciantes) tienen una mayor disposición a usar el sistema, en comparación con aquellos cuyos viajes no son obligados y rutinarios (ama de casa, desempleado), por lo que podrían decidir no viajar dadas las condiciones de viaje del nuevo SETP (p. ej. IDU_Comerciante = 58,62, vs. IDU_Desempleado = 51,31).

Por otra parte, con respecto al Índice de valoración del servicio, se encuentra que los usuarios en condición de desempleo reportan el menor valor para el índice (IVS_Desempleado = 7,50 vs. IVS_promedio = 13,49), siendo aquellos con la menor disposición a valorar mejoras en el servicio con respecto a los demás individuos. Esto, estaría asociado a la disponibilidad de pago adicional, como sucedía en el numeral anterior para aquellos usuarios con menor solvencia económica, donde a pesar de una oferta de

mejor servicio (recordemos que para este caso se mide en función de ahorros en tiempo), los potenciales usuarios no estarían dispuestos a pagar una tarifa mayor.

5.3.4 Sensibilidad respecto al estrato socioeconómico

Finalmente, frente al estrato socioeconómico, según lo obtenido en la Figura 20 (d), el comportamiento del Índice de disponibilidad de uso se encuentra en concordancia con lo esperado, en función con la cautividad o dificultad de optar por otro medio para realizar el viaje. De esta manera, se encuentra mayor disponibilidad de uso del nuevo SETP, en los grupos de menores ingresos, con tendencia descendente en los mayores estratos (p. ej. $IDU_Estrato1 = 57,81$, vs. $IDU_Estrato5 = 44,52$). Se observa como los potenciales usuarios de Estrato 5, presentan un valor muy pequeño con respecto a la media, en una distribución de datos, como se ha resaltado, muy homogénea. Esto, es un resultado esperado muy común para la mayoría de los casos, y se ratifica a través del índice sintético. Así, el planeador del SETP, deberá buscar elementos de valor agregado al viaje en transporte público, aunando a políticas públicas en la ciudad que desincentiven el uso del vehículo particular.

Por su parte, el Índice de Valoración del servicio, con respecto al estrato socioeconómico, de modo inverso, los valores se incrementan a medida que crece el poder adquisitivo de los potenciales usuarios. Se observa, pues, que los individuos de estrato 1, pese a mejores condiciones del servicio que se pudieran tener, manifiestan una disposición muy baja a pagar más por ahorros de tiempo en su viaje, mientras que los individuos de estrato 5 presentan la mayor disposición ($IVS_Estrato1 = 10,85$ vs. $IVS_Estrato5 = 19,46$). Estos grupos extremos en la categoría se alejan de manera considerable de la media obtenida ($IVS_promedio = 13,49$). Estas preferencias, que son coherentes con lo esperado, pero al ser tan marcadas (conforme a los resultados del índice sintético), sugiere con claridad la oportunidad de integrar políticas tarifarias diferenciales en el nuevo SETP, que faciliten la asequibilidad a los grupos sociales con menores ingresos.

6 RECOMENDACIONES

En este capítulo, se compilan algunas recomendaciones a partir de lo presentado a lo largo del documento, después de haber revisado un marco conceptual del trabajo, respecto al valor técnico de entender la demanda individual de transporte, y analizado los resultados de la Estructuración técnica, legal y financiera del SETP de Pasto, en lo que concierne a la Encuesta de Preferencias Reveladas y Declaradas. Todo esto, con el propósito de caracterizar y sintetizar las preferencias de los potenciales usuarios del nuevo SETP de la ciudad de Pasto, con respecto a las determinantes de la demanda individual.

Así las recomendaciones que se presentan a continuación parten desde un punto de vista amplio (política pública, referencias para otros sistemas, metodología de análisis), para llegar a sugerencias más puntuales respecto a la implementación del SETP de Pasto.

Las recomendaciones aquí compiladas no son exhaustivas, teniendo en cuenta que se formulan desde el ámbito académico y a partir de lo analizado, no obstante, se busca que sirvan de referencia para tomadores de decisiones y planeadores de soluciones de transporte público al momento de aproximarse a la caracterización y atención de la demanda de transporte.

6.1 Recomendaciones generales

En general, a partir de los resultados, se valida que la implementación de ajustes en el servicio actual de transporte público colectivo, introduciendo cambios en las determinantes de la demanda individual, como parte de las apuestas de los SETP, inciden de manera representativa en la decisión de viaje de los potenciales usuarios del sistema en la ciudad de Pasto. Así, aunque la reorganización y formalización son necesarias para mejorar los indicadores globales de la prestación del servicio de transporte público, la democratización del negocio, gobernanza y robustez institucional, gestión y control

eficientes y sostenibilidad económica y ambiental, entre otros, los objetivos de transformación, conforme se ha diseñado el nuevo sistema, modifican algunos parámetros de nivel de servicio a los que está acostumbrado a tener el usuario con el servicio tradicional. Las nuevas características de la oferta del SETP de Pasto indicaría al pasajero, por ejemplo, que ya no sería posible tomar el bus, simplemente, al poner la mano en la calle, o pagar directamente con efectivo, entre otros.

Teniendo esto en consideración, se recomienda adelantar un chequeo de la demanda de los SETP, no solamente de manera agregada, sino buscar herramientas que permitan caracterizar y sintetizar las determinantes de la demanda individual, entendiendo que los potenciales usuarios de los SETP responden de manera diferenciada en función de las características de su viaje o sus características personales. Si bien, en una buena porción de las estructuraciones técnicas de los SETP del país se han adelantado sondeos de las preferencias de los usuarios, para validar opciones de escogencia modal (especialmente en los ejercicios donde se construye modelo de transporte de cuatro etapas), se encuentra una oportunidad imperante de adelantar análisis mucho más específicos respecto a la caracterización del comportamiento de los potenciales usuarios de los sistemas, sus preferencias y cómo influyen, en sus decisiones de viaje, las determinantes actuales y futuras de la demanda, de manera desagregada.

Es así como, vale la pena que los entes gestores, encargados de la implementación de los SETP, integren estudios de preferencias reveladas y declaradas, encuestas de satisfacción del usuario y otros ejercicios que permitan entender y caracterizar a los potenciales usuarios, como individuos heterogéneos, capaces de modificar sus decisiones en función de sus propias condiciones y las características de su entorno. De esta forma, será posible potenciar estrategias para la captura de nuevos usuarios y dar mayor efectividad a los diseños operacionales de los sistemas de transporte público del país. Ahora bien, respecto al procedimiento metodológico desarrollado en este trabajo, sería interesante que se aplicara en otras ciudades con implementación de SETP, con el propósito de validar variaciones en los índices sintéticos conforme se modifican las características de los territorios (geográfica y socialmente).

Ahora bien, con respecto al tratamiento de la información que se puede obtener de los ejercicios de caracterización de los usuarios, tal como se presentó en este trabajo, se encuentra en el análisis estadístico multivariado una herramienta clave para el tratamiento

y síntesis de la amplia variedad de variables que suelen resultar de los ejercicios sugeridos de caracterización de potenciales usuarios. Como se evidencia en el Capítulo 5 de este trabajo, se recomienda el uso de técnicas como Análisis de Componentes Principales (APC) a los planeadores de los sistemas de transporte, para contar con índices que permitan asignar magnitudes de referencia para dimensionar las preferencias de los usuarios, y a partir de ello tomar y priorizar decisiones que busquen mejorar el servicio.

Finalmente, y de cara a la Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional, que se usó como base de referencia para el planteamiento de las preguntas del presente trabajo (ver Capítulo 1), se recomienda que en ejercicios de evaluación *ex post* de la implementación de los SETP, se integre la validación del uso efectivo de ejercicios de caracterización de los usuarios y de los determinantes de la demanda individual en la estructuración/implementación de los sistemas, así como parámetros de la amplitud y profundidad de dichos ejercicios. Todo esto, con el propósito de incentivar el uso efectivo de este tipo de información en el diseño y planeación de los SETP.

En el mismo sentido, vale la pena recomendar que, ante los diagnosticados escenarios de descenso en las cifras de uso de transporte público en Colombia (Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) 3991, 2020) para orientar estrategias de captura de demanda, se incorporen o refuercen las actividades relacionadas con la caracterización de las preferencias de los usuarios y no usuarios de los sistemas de transporte público, que permitan generar ajustes a los diseños operaciones, estrategias de mercadeo más efectivas y servicios mucho más inclusivos. Conocer de manera desagregada las preferencias de los usuarios, en función de sus características y determinantes de la demanda de manera individual, permite la aplicación de políticas de movilidad en las ciudades del país más incluyentes, con soluciones de transporte público que procuren cubrir con mayor amplitud la diversidad de potenciales usuarios, y no solamente a una mayoría agregada.

6.2 Recomendaciones respecto a la implementación del SETP de Pasto

Como se exponía al inicio de este capítulo, a partir de los resultados de los capítulos 4 y 5, se incluyen a continuación algunas recomendaciones para el planeador del SETP

de Pasto, con el propósito de tener puntos de referencia para revisar el esquema de implementación del sistema, las cuales no tienen un carácter exhaustivo, y obedecen a una aproximación desde la academia a los retos que podría enfrentar el ente gestor del sistema en la ciudad de Pasto. Esto, teniendo en cuenta:

- i) La información empleada como base de referencia para el presente trabajo fue el resultado del ejercicio de estructuración del sistema, adelantado en el 2015. Por lo que, a la fecha, dado el tiempo transcurrido y eventos como la pandemia, entre otros, probablemente hayan cambiado algunas de las preferencias de los potenciales usuarios del SETP; considerando además que el sistema aún no entra en operación formal.
- ii) Las limitaciones del instrumento de caracterización tomado como referencia para este trabajo, como se expuso en el Capítulo 2.
- iii) Los resultados obtenidos para los índices sintéticos para los individuos encuestados son sustancialmente uniformes, como se encontró en el Capítulo 5, lo cual no permite concluir directamente sobre aspectos específicos del diseño operacional del SETP.

A pesar de lo anterior, el ejercicio académico desarrollado permite al autor de este trabajo formular algunas líneas de acción al planificador del sistema, al contar con una aproximación cuantitativa sobre la aceptación que se tiene del actual servicio, así como las prevenciones que se pueden tener de manera individual por parte de los potenciales usuarios respecto al nuevo sistema. Así, si bien, bajo los resultados obtenidos, no se encuentra posible generar recomendaciones específicas al diseño operacional, es posible generar algunas sugerencias respecto a las políticas de implementación del SETP.

En este sentido, la primera recomendación estaría orientada hacia la necesidad de contar con un nuevo ejercicio de Encuesta de Preferencias Reveladas y Declaradas, que permita actualizar y ampliar los resultados obtenidos por Mobilé – Icovías, en el 2015. De esta manera, es posible tener una muestra actualizada de las preferencias de los pastusos al momento de considerar hacer sus viajes en lo que será la operación formal del SETP. Se recomienda, en ese orden de ideas, que se mantenga en lo posible la metodología de levantamiento de información que permite obtener un mapeo suficientemente amplio para caracterizar distintas condiciones de prestación del servicio; a partir de ello, indagar sobre

la medida en que se podrían cambiar las expectativas del encuestado sobre viajar o no en el nuevo SETP. Como se vio en el Capítulo 5, pese a que la metodología de la encuesta genera una gran cantidad de variables, el procesamiento de índices sintéticos a través de métodos como el APC, permite resumir de manera eficiente y completa los resultados de la muestra.

Ahora bien, sería recomendable que el diseño muestral incluyera no solamente a usuarios del transporte público colectivo e informal, si no también a usuarios de otros medios de transporte en la ciudad, lo que enriquecería de manera importante la posibilidad de contrastar resultados para los índices, en función de las condiciones iniciales de contraste, versus el SETP.

Dicho lo anterior, y a partir de los resultados del Capítulo 4, se recomienda de manera específica al ente gestor del SETP de Pasto, hacer una revisión específica de los criterios de instalación de paraderos para el sistema. El análisis obtenido muestra una fuerte resistencia a tener que caminar grandes longitudes para tomar el bus por parte de los usuarios pastusos, incluso en grupos etarios con condiciones físicas favorables y que tradicionalmente tienen una buena participación en el uso del TPC, esto es, potenciales usuarios entre 18 y 25 años. Este requerimiento se evidencia igualmente en los potenciales usuarios con mayor vulnerabilidad, donde se obtuvo que ningún usuario de más de 65 años estaría dispuesto a usar el SETP (el 100% de las veces) si tuviera que caminar más de 10 minutos. De esta manera, se debería procurar mantener una distribución de paraderos tal que permita coberturas de máximo 500 metros de caminata, e incluso la identificación de zonas de la ciudad en las que, bajo condiciones seguras de maniobrabilidad, y sin afectar los tiempos de recorrido en las rutas, se pueda mantener la parada del bus por demanda¹⁹.

Ahora bien, teniendo en cuenta los resultados del Capítulo 5, en lo que tiene que ver con los resultados generales del Índice de Valoración, vale la pena recomendar al ente gestor, construir una política tarifaria que incluya crecimientos muy conservadores del valor

¹⁹ Esto debe revisarlo el planeador con mayor detalle en función de parámetros de seguridad vial, eficiencia del servicio, sensibilidad de usuarios, presencia de equipamientos dotacionales, usuarios vulnerables, etc.

del pasaje²⁰. Si bien, esto puede parecer una exigencia fuerte para el modelo financiero de sostenibilidad del sistema, a partir de lo encontrado, los pastusos, pese a mejoras de las condiciones del servicio, como sucede en el caso de la reducción en el tiempo de viaje, se encuentra una muy baja disposición a pagar montos adicionales. Esto podría llevar al desistimiento del viaje, generando disminuciones en la demanda del sistema, lo cual genera efectos adversos en el financiamiento de la operación aún mayores.

Por otra parte, a partir de la comparación de los resultados de los índices sintéticos versus el medio de transporte que usaban los encuestados, vale la pena recomendar que el ente gestor valide las condiciones de operación y nivel de servicio que se tenían en la prestación de las rutas servidas en su momento por busetas, las cuales muestran una fidelidad muy alta por parte de los encuestados, con el propósito de replicar estas condiciones (ya sean de frecuencia, ocupación, comodidad, entre otros), al resto del sistema de rutas. Asimismo, vale la pena recomendar al ente gestor adelantar una caracterización específica de usuarios de modos informales y motocicleta, para encontrar los motivos que llevan a que opten por opciones distintas de viaje al transporte público colectivo, cuando sostienen una disponibilidad de uso del nuevo sistema importante (índice medio de disponibilidad de 55 sobre 100). La aplicación de estrategias de mercadeo que atraigan a este tipo de viajeros al nuevo SETP, que refuercen las bondades de este servicio (seguridad, confort), así como la inclusión de “ganchos” de valor agregado (wifi a bordo, información al usuario, etc.), podrían ser útiles al considerar los resultados obtenidos en los índices sintéticos.

Con respecto a los resultados de los índices sintéticos en contraste con los grupos etarios, vuelve a aparecer la necesidad de mantener una política tarifaria inclusiva, que considere a los potenciales usuarios con menor capacidad solvente. Esto, en

²⁰ Se recomienda así, al ente gestor, de manera complementaria para este tema, tener en cuenta los resultados del estudio: Revisar las estructuras tarifarias del sector transporte público urbano de pasajeros (no individual) y dar lineamientos para su formulación, en un marco de eficiencia operacional, calidad del servicio, costeabilidad de la tarifa por parte del usuario, y sostenibilidad financiera de la operación, elaborado por el Departamento Nacional de Planeación, en el 2014. En dicho estudio, se incluyen metodologías para contrastar la disponibilidad y capacidad de pago de los usuarios, versus requerimientos de financiamiento alternativo para estabilización tarifaria, con un caso aplicado a la ciudad de Pasto.

consideración de que el Índice de Valoración refleja restricciones para acceder al servicio en los grupos de edades menores a 18 años y mayores a 65 años.

Finalmente, y a modo de resumen, en la línea de generar políticas inclusivas, y que además se orienten a la oportunidad de capturar demanda y, por consiguiente, evitar la pérdida de usuarios, vale la pena recomendar al ente gestor del SETP de Pasto, adelantar un ejercicio de afinamiento de su esquema operacional, evitando que la premisa para el cierre financiero del sistema sea la disminución del nivel de servicio que tradicionalmente se ha ofrecido en la ciudad. Es por esto que, el planeador debe acudir al uso de alternativas de financiamiento²¹ que permitan cerrar las brechas de estabilización tarifaria, dada la susceptibilidad de los potenciales usuarios capturada en la encuesta de preferencias reveladas y declaradas.

Para ejercicios posteriores, valdría la pena adelantar contrastes de los resultados de los índices sintéticos de manera geográfica, identificando zonas específicas de la ciudad (en función del grado de precisión que se use en la georreferenciación) donde los índices tienen comportamientos con menor valor. Esto permitiría al tomador de decisiones tener a la mano una herramienta potente para identificar en campo, zonas susceptibles de evaluación de la satisfacción de usuario, condiciones de prestación del servicio, características de la infraestructura o del entorno que lleven a incidir en la disponibilidad de uso del sistema.

²¹ Ver artículo 97 de la Ley 1955 de 2019

7 CONCLUSIONES

Para el desarrollo de este trabajo se ha planteado como hipótesis que los cambios en las características de la oferta en el servicio de transporte público, con motivo de la implementación de los SETP, inciden en las decisiones de los viajeros. Esto, como resultado de dinámicas de modificación de las determinantes de la demanda individual. Así, a través de lo desarrollado, se logra validar dicha hipótesis, a partir de una revisión bibliográfica y el análisis de la información disponible sobre las preferencias de los potenciales usuarios del SETP de la ciudad de Pasto.

De este modo, cabe destacar que a través del estado del arte desarrollado se logran compilar reflexiones académicas que permiten validar la incidencia que tienen las determinantes de la demanda individual sobre las decisiones de los usuarios del transporte. Igualmente, se encuentra que los análisis desagregados de la demanda permiten enriquecer la construcción de modelos, valorando los procesos de decisión de los viajeros desde sus preferencias individuales.

En consideración de lo anterior, para el caso de estudio del SETP de Pasto, a partir del análisis sobre los datos de las encuestas de preferencias reveladas y declaradas tomadas para la estructuración de detalle del sistema, en 2015, se logró el objetivo de caracterizar factores y condiciones que determinan posibles cambios en la decisión de viaje de los usuarios de transporte público, en función de las dinámicas de modificación de algunas determinantes de la demanda individual. Esto, a través de un procedimiento metodológico de agregación y síntesis de la información que permitió evaluar la disponibilidad a usar el nuevo sistema y la valoración de la calidad del servicio, en función de características de los usuarios.

En este orden de ideas, partiendo de ejercicios de agregación simple de los datos para algunas variables, se logró validar que las expectativas de los potenciales usuarios del SETP de Pasto, se veían condicionadas conforme se proponían ampliaciones, por ejemplo, en los tiempos de acceso al sistema, las cuales presentaron variaciones al filtrar

el análisis por grupos de edad. A partir de esto, y con el propósito de agregar y sintetizar la amplitud de variables y datos, se encontró la oportunidad de construir índices sintéticos – índice de disponibilidad de uso (IDU), índice de valoración del servicio (IVS) – a partir de las preferencias declaradas de los encuestados, como instrumento para obtener una caracterización más robusta de la amplitud de la información disponible.

De los resultados para los índices sintéticos, se encontró que los encuestados sostienen una disponibilidad media a viajar en el nuevo sistema (IDU promedio en una escala de 0 a 100 = 55,56). Esto refiere que al momento de considerar usar el nuevo SETP, en su proceso de decisión, el individuo se encontrará en una disyuntiva casi binaria: se va a sentir inclinado a viajar en el sistema, pero en una proporción muy similar consideraría usar otra alternativa. Ahora bien, con respecto a la valoración que los individuos dan a posibles mejoras del servicio, se obtuvieron resultados sustancialmente bajos (IVS promedio en una escala de 0 a 100 = 13,49). Esto sugiere que, si bien en una medida media los encuestados están dispuestos a usar el nuevo SETP, su decisión por optar viajar en el sistema difícilmente se verá influenciada por mejoras en las condiciones de servicio.

Estos resultados se obtienen de una encuesta a usuarios y no usuarios del transporte público colectivo, en una población que, en años anteriores ya había experimentado procesos de ajustes del servicio, por lo que su disponibilidad a usar un nuevo sistema y la valoración del servicio podrían estar afectados por sus experiencias pasadas.

Al sensibilizar los resultados de los índices con respecto a características de potenciales usuarios encuestados (medio de transporte que usaba el encuestado, su edad, ocupación y estrato socioeconómico), se logró ampliar la caracterización de los factores que inciden en el posible cambio en las expectativas respecto al uso del nuevo sistema.

A partir de todo lo anterior, es posible formular recomendaciones a los planificadores del SETP, respecto a la construcción de estrategias de posicionamiento del servicio de transporte público y de mercadeo del sistema. Igualmente, permite generar advertencias generales respecto a parámetros de calidad en la oferta del servicio. Esto, a pesar de las limitaciones del ejercicio, entre las que se cuentan los sesgos propios del instrumento de preferencias reveladas y declaradas, así como, la vigencia y tamaño muestral de las encuestas de referencia.

De esta forma, lo desarrollado en este trabajo para el SETP de la ciudad de Pasto, permite tener, como referente académico, un procedimiento metodológico robusto que convendría aplicar en las demás ciudades que implementan SETP. Así, la replicación de este ejercicio permitiría tener un mapeo de la disponibilidad de uso del sistema y de la valoración del servicio a lo largo del país, permitiendo contrastar resultados de la incidencia de las dinámicas de modificación de las determinantes de la demanda individual en el comportamiento de los posibles usuarios, a través de distintos contextos territoriales.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Bamberg, S., Ajzen, I., & Schmidt, P. (2003). Choice of Travel Mode in the Theory of Planned Behavior: The Roles of Past Behavior, Habit, and Reasoned Action. *Basic and Applied Social Psychology*, 25(3), 175-187.
- Barajas Marcos, I. (2015). *Análisis factorial con variables categóricas*. Valladolid: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales - Universidad de Valladolid.
- Bulla Cruz, L. A. (2020). *Methodology for event-based traffic risk assessment of Bus Rapid Transit systems and its simulation*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. , 2,. *Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia*, 1-11.
- Congreso de la República de Colombia. (2015). Ley 1753 de 2015. *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país"*.
- Congreso de la República de Colombia. (2019). Ley 1955 de 2019, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Bogotá D.C.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) 3991. (14 de abril de 2020). Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional. Bogotá D.C., Colombia.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2002). *Política para mejorar el servicio de Transporte Público Urbano de Pasajeros*. Bogotá D.C.: DNP.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2017). Seguimiento de la Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo. *Conpes 3896 de 2017*.
- de Rus, G., Campos, J., & Nombela, G. (2003). *Economía del Transporte*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). Bases Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad. Bogotá D.C., Colombia.
- Domencich, T. A., Kraft, G., & Valette, & J. (1968). Estimation of urban passenger travel behavior: An economic demand model. *Highway Research Record* 238, 64-78.

- Escobar Jaramillo, L. A. (2008). Indicadores ambientales sintéticos: Una aproximación conceptual desde la estadística multivariante. *Universidad Nacional de Colombia*, 121-140.
- Freiberg Hoffman, A., Stover, J. B., De la Iglesia, G., & Fernandez Liporace, M. (2013). CORRELACIONES POLICÓRICAS Y TETRACÓRICAS EN ESTUDIOS FACTORIALES EXPLORATORIOS Y CONFIRMATORIOS. *Prensa Médica Latinoamericana*, 151-164.
- González, Á. L., Llinás Solano, H., & Tilano, J. (2008). Análisis multivariado aplicando componentes principales al caso de los desplazados. *Ingeniería y Desarrollo*, 119-142.
- Kraft, G., & Domencich, & T. (1972). *Free transit*. New York: Macmillian Company.
- Krizek, K. J., & El-Geneidy, A. (2007). Segmenting Preferences and Habits of Transit Users and Non-Users. *Journal of Public Transportation*, Vol. 10, No. 3,, 71-94.
- Medina, F., & Galván, M. (2007). *Imputación de datos: teoría y práctica*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Movilidad Sostenible LTDA. (2017). *Producto 2. Formulación Plan Maestro de Movilidad y Espacio Público de la ciudad de Pasto*.
- Ortúzar, J. d. (2016). *Modelos de Demanda de Transporte - 2da Edición ampliada*. Bogotá: Alfaomega - Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Ortúzar, J. d., & Román, C. (2003). El problema de la modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte. *Revista eure (Vol. XXIX, No. 88)*, 149-171.
- O'Sullivan, A. (2000). *Urban Economics. 4ta ed.* New York: McGraw-Hill Companies.
- Oyola-García, A. E. (2021). La variable. *Revista del cuerpo médico del HNAAA, Vol 14*, 90-93.
- Peña Méndez, D. P., & Gutiérrez Sánchez, R. (2014). *Análisis de componentes principales en la estimación de índices de empoderamiento en mujeres de Colombia*. Universidad de Granada.
- Pérez, J. I. (2012). *Modelos de regresión lineal para avalúos comerciales de inmuebles sometidos al régimen de propiedad horizontal en Bogotá*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.

-
- Pompilio Sartori, J. J. (2006). Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. *Revista de Economía y Estadística - Vol. XLIV - (2)*, 81-123.
- Presidencia de la República. (2009). Decreto 3422 de 2009. *Por el cual se reglamentan los Sistemas Estratégicos de Transporte Públicos*.
- Ramos, M., & Plata, W. (2015). Correlación policórica en el análisis de factores con variables ordinales. *ESPOL- FCNM Journal*, 37-42.
- Rus, G. d., Campos, J., & Nombela, G. (2003). *Economía del Transporte*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Sanchez-Flores, Ó., & Romero-Torres, J. (2010). actores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: estudio de caso de la ciudad de Toluca, México. *Economía, sociedad y territorio*, 51.
- UAE AVANTE SETP. (febrero de 2022). *avante.gov.co*. Obtenido de *avante.gov.co*
- UT Mobilé - Icovías. (2015). *Estructuración Técnica, Legal y Financiera de detalle del Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) de la ciudad de Pasto*.
- Yengle Ruiz, C. (2012). Aplicación del análisis de componentes principales como técnica para obtener índices sintéticos de calidad ambiental. *UCV - Scientia 4(2)*, 145-153.
- Yengle Ruiz, C. (2012). Aplicación del análisis de componentes principales como técnica para obtener índices sintéticos de calidad ambiental. *UCV-Scientia*, 145-153.

9 ANEXOS

A. Anexo I

Base de Datos Encuesta de Preferencias Reveladas y Declaradas de la Estructuración técnica, legal y financiera del SETP de la ciudad de Pasto de 2015.

B. Anexo II

Tablas con salidas de STATA© matrices de correlación y varianzas del Análisis de Componentes Principales.

C. Anexo III

Base de Datos con salidas de STATA© respecto al cálculo de índices sintéticos.