

**DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL SISTEMA DE BICICLETAS  
PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE TUNJA**



**JENNIFER ALEXANDRA DUEÑAS LÓPEZ  
LAURA XIMENA PINEDA PINEDA**



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS  
TUNJA  
2018**

**DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL SISTEMA DE BICICLETAS  
PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE TUNJA**



**JENNIFER ALEXANDRA DUEÑAS LÓPEZ  
LAURA XIMENA PINEDA PINEDA**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero en Transporte y Vías**

**Director del proyecto: Ing. Esp. DIEGO ANDRÉS SUÁREZ GÓMEZ**



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TRANSPORTES Y VÍAS  
TUNJA  
2018**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado 1

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado 2

Tunja, agosto de 2018

La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por tanto, no responde por las opiniones expresadas en este proyecto de investigación.

“Se autoriza su uso y reproducción indicando su origen”

**A Dios**

*Por darme la oportunidad de llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr todos mis objetivos*

**A mi mamá**

*Por haberme apoyado en todo momento, por su ejemplo de lucha y perseverancia, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, porque todo lo que soy es por ella.*

**A mi hermana**

*Por ser un ejemplo para seguir, por enseñarme a levantarme cuando las cosas no marchan bien, pero sobre todo por apoyarme en mis decisiones.*

**A Luna**

*Por ser mi más grande inspiración, por enseñarme el verdadero significado del amor. Todo en mi vida siempre será en su nombre.*

***A mi madre***

*Por haberme inculcado los mejores valores, por llenarme de comprensión y de amor, por ser esa mujer que me llena de fortaleza en cada situación de mi vida.  
Por ser mi mayor ejemplo.*

***A mi Padre***

*Por ser mi hombre incondicional. La persona que me ha regalado los mejores años de su vida. Te admiro por la increíble persona que eres.*

***A Camila***

*Por ser mi mejor compañía, por regalarme tanta felicidad y por ser esa persona que siempre estará conmigo.*

***A mis abuelos***

*Blanca, Rosenda, Luis Pineda y Luis Velazco. Mil gracias por haber hecho parte de este sueño.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mamá, porque ha trabajado incansablemente para darme absolutamente todo en la vida, sin su esfuerzo y sacrificio yo nunca hubiera podido llegar a culminar esta etapa de mi vida.

A mi papá, por haberme colaborado en algunos aspectos de mi formación académica, por enseñarme a trabajar por cada cosa que he de ganar en la vida

A Ximena Pineda, por haber estado conmigo desde que la conocí, por su apoyo incondicional en todo momento, por ser más que mi mejor amiga en la Universidad, por convertirse en mi hermana. Porque este proyecto nunca lo hubiera podido hacer sin la sabiduría, la paciencia, y el corazón de otra persona como el de ella.

Al Ingeniero Diego Suárez, por su constante apoyo, paciencia y guía en la realización de este proyecto.

A los Ingenieros Edgar Calderón y Julián Quintero, de quienes tuve la dicha de ser su monitora por 2 años, mil gracias por tantas enseñanzas en el aula.

A Daniela, por entregarme su eterna y valiosa amistad, por darme un ejemplo de lucha, verraquera, perseverancia y pasión por hacer lo que realmente se ama. Por estar conmigo en cada momento de mi vida, por ser la mejor amiga del mundo.

A Gil, por seguir estando para mí a pesar de todo, por ser mi mejor amigo y mi hermano, por su apoyo y ánimo en todo este proceso.

A mi GRUPO. Caro, Cata, y Jose por haber luchado en cada materia, por no dejarnos vencer ante nada ni ante nadie, por regalarme tanta alegría en esta etapa universitaria, por enseñarme tanto y sobre todo por tenerme tanta paciencia.

A mi equipo de Tenis de Campo, por su apoyo en cada torneo, en cada regional, por dejarme ser parte de ustedes por tantos años.

A mis amigos, Johana, Mafe, Edward y Víctor por ser grandes amigos, y quienes me han regalado momentos muy felices.

**Jennifer Alexandra Dueñas López**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por ser mi guía, por darme fortaleza y sabiduría en todo este proceso. A mis padres Sonia y Jaime por brindarme todo su amor y apoyo, gracias por inspirarme a ser mejor persona cada día, este logro es para ustedes. A mi hermanita Camila quien es una de las personas que me inspira a esforzarme y a continuar luchando por mis sueños. De igual manera, a mis abuelos, quienes con sus enseñanzas han aportado a mi formación personal.

A mi compañera y amiga de tesis Jennifer, infinitas gracias por hacer de este sueño una realidad. Al ingeniero Diego Suárez por su dedicación y compromiso en la realización de esta investigación.

Quiero agradecer a toda la planta de profesores de la escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, gracias por todos sus aportes, experiencias y enseñanzas.

Quiero agradecer a Edward, mi compañero de vida. A ti mil gracias por hacer parte de este sueño. Eres y serás parte fundamental de mi vida.

Finalmente agradezco a compañeros y amigos que hicieron parte de todo este proceso. Gracias por su amistad.

**Laura Ximena Pineda Pineda**



## CONTENIDO

	<b>Pág</b>
RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. MARCO TEÓRICO.....	18
1.1 PROBLEMA DE MOVILIDAD EN LAS CIUDADES.....	18
1.2 CONCEPTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	19
1.3 SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS VISTAS COMO MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	20
1.4 ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS.....	20
1.5 SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS.....	22
1.5.1 Recomendaciones para aplicar este tipo de sistemas.....	24
1.6 COLOMBIA HACIA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	26
1.7 ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS.....	29
1.8 MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA.....	31
2. EXPERIENCIAS DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS.....	33
2.1 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES.....	33
2.2 EXPERIENCIAS NACIONALES.....	34
2.2.1 BiciTunja.....	35
3. PRUEBA PILOTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL SISTEMA.....	42
3.2 DISEÑO DE LA ENCUESTA PILOTO.....	42
3.2.1 Diseño encuesta de preferencias reveladas.....	42
3.2.2 Diseño encuesta de preferencias declaradas.....	42
3.3 APLICACIÓN DE ENCUESTAS.....	46
4. CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS DEL SISTEMA BICITUNJA (ENCUESTA DEFINITIVA).....	50
4.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	50
4.2 CARACTERÍSTICAS DE SEXO Y EDAD DEL USUARIO.....	51
4.3 DISEÑO DEFINITIVO ENCUESTA PREFERENCIAS DECLARADAS.....	52

4.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS “PREGUNTAS DE TIPO PREFERENCIAS REVELADAS” .....	54
4.5 ANÁLISIS COMENTARIOS BICIUSUARIOS.....	59
4.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS “PREGUNTAS DE TIPO PREFERENCIAS DECLARADAS” .....	61
5. ZONAS DE MAYOR CONCENTRACIÓN POR USO DEL SISTEMA A PARTIR DE ARCGIS .....	67
5.1 METODOLOGÍA .....	67
5.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	71
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	81

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
<b>Figura 1.</b> Pirámide de jerarquía de la movilidad urbana .....	19
<b>Figura 2.</b> Formulario pre - inscripción.....	36
<b>Figura 3.</b> Sistema semi-automatizado y candado .....	37
<b>Figura 4.</b> Estaciones de préstamo de bicicletas.....	37
<b>Figura 5.</b> Estaciones BICITUNJA .....	38
<b>Figura 6.</b> Cicloruta habilitada carrera 11 .....	38
<b>Figura 7.</b> Carrera 10 con calle 13.....	39
<b>Figura 8.</b> Bicicletas disponibles en el sistema.....	39
<b>Figura 9.</b> Localización de los puntos de referencia para la toma de información ..	43
<b>Figura 10.</b> Formato correos enviados .....	54
<b>Figura 11.</b> Nube de palabras.....	60
<b>Figura 12.</b> Georreferenciación de las direcciones residenciales .....	67
<b>Figura 13.</b> Capas importadas a la interfaz de ArcGIS .....	68
<b>Figura 14.</b> Mapa de densidad.....	69
<b>Figura 15.</b> Shape barrios de análisis.....	70
<b>Figura 16.</b> Shape Marge_inter_barrios.....	70
<b>Figura 17.</b> Macrozonas de mayor densidad .....	72
<b>Figura 18.</b> Usuarios en la zona Norte.....	72

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág</b>
<b>Gráfica 1.</b> Prueba T-student para la prueba piloto .....	49
<b>Gráfica 2.</b> Usuarios inscritos al sistema según rangos de edad y sexo .....	52
<b>Gráfica 3.</b> Ocupación del usuario .....	55
<b>Gráfica 4.</b> Grado de satisfacción del usuario frente al sistema. ....	55
<b>Gráfica 5.</b> Modo de transporte habitual del usuario.....	56
<b>Gráfica 6.</b> Razones por las cuales hace uso del sistema. ....	56
<b>Gráfica 7.</b> Frecuencia de uso del sistema .....	57
<b>Gráfica 8.</b> Frecuencia de uso en caso de expansión del sistema .....	57
<b>Gráfica 9.</b> Grado de importancia de las condiciones del sistema.....	58
<b>Gráfica 10.</b> Prueba T-student para el modelo básico .....	62
<b>Gráfica 11.</b> Prueba T-student teniendo en cuenta sexo, edad y ocupación. ....	64
<b>Gráfica 12.</b> Prueba T-student teniendo en cuenta la ocupación. ....	66

## LISTA DE TABLAS

	Pág
<b>Tabla 1.</b> Sistema aconsejado en relación al tamaño y la densidad de población ..	25
<b>Tabla 2.</b> Comparación de los sistemas de bicicletas públicas .....	34
<b>Tabla 3.</b> Municipios beneficiados por Piloto Bicicletas Públicas 2016 .....	35
<b>Tabla 4.</b> Cuadro resumen de metas .....	36
<b>Tabla 5.</b> Cuadro resumen de metas .....	41
<b>Tabla 6.</b> Atributos y niveles para cada modo de transporte.....	44
<b>Tabla 7.</b> Mater plan número 5.....	45
<b>Tabla 8.</b> Codificación de atributos y variables .....	46
<b>Tabla 9.</b> Escenarios obtenidos .....	46
<b>Tabla 10.</b> Resumen resultado BIOGEME .....	48
<b>Tabla 11.</b> Usuarios inscritos al sistema según sexo .....	51
<b>Tabla 12.</b> Usuarios inscritos al sistema según sexo .....	52
<b>Tabla 13.</b> Cambios en los tiempos de viaje y de espera .....	53
<b>Tabla 14.</b> Atributos y niveles para cada modo de transporte.....	53
<b>Tabla 15.</b> Promedio ponderado para cada condición .....	58
<b>Tabla 16.</b> Resumen resultado BIOGEME (Modelo inicial).....	62
<b>Tabla 17.</b> Resumen resultado BIOGEME (Edad, sexo, ocupación) .....	64
<b>Tabla 18.</b> Resumen resultado BIOGEME (Ocupación) .....	65
<b>Tabla 19.</b> Atributos de la shape Marge_inter_barríos .....	71
<b>Tabla 20.</b> Barrios con mayor concentración de residencias y estratos.....	73

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág</b>
<b>Anexo A.</b> Formato encuesta prueba piloto .....	81
<b>Anexo B.</b> Formato encuesta definitiva .....	83
<b>Anexo C.</b> Modelo de presentación de escenarios encuesta piloto .....	86
<b>Anexo D.</b> Modelo de presentación de escenarios encuesta definitiva .....	87
<b>Anexo E.</b> (CD), Plano 1. Ubicación de residencias .....	88
<b>Anexo F.</b> (CD), Plano 2. Análisis de densidad .....	88
<b>Anexo G.</b> (CD), Memorias de cálculo EXCEL .....	88
<b>Anexo H.</b> (CD), Memorias de cálculo BIOGEME .....	88
<b>Anexo I.</b> (CD), Entrevista personal ENCICLA-Medellín.....	88

## RESUMEN

Las ciudades colombianas presentan en su mayoría transporte público ineficiente, crecimiento acelerado de la flota automotriz, congestión de tráfico, aumento de partículas contaminantes, entre otros. De esta forma, se han investigado estrategias para contrarrestar problemas tales como el fortalecimiento de medios alternativos de transporte. Los sistemas de bicicletas públicas han crecido recientemente debido a la facilidad de implementación y al éxito que han tenido en países pioneros en movilidad sostenible.

Tunja es una ciudad en la que se moviliza gran cantidad de estudiantes al día, debido a esto se ve la necesidad de incorporar nuevos modos de transporte alternativos como el sistema de bicicletas públicas (BICITUNJA), que se lanzó desde noviembre de 2017 hasta abril de 2018. Este proyecto tiene como objetivo promover un medio más limpio de transporte, mejorar las condiciones de salud de los ciudadanos y establecer una movilidad sostenible e inclusiva, pero hasta ahora no se cuenta con información para establecer si se están cumpliendo los objetivos establecidos, las cifras esperadas y las condiciones reales del servicio actual, lo que permite establecer la relevancia y conveniencia de este sistema de bicicletas públicas en la ciudad.

El proceso y desarrollo del proyecto de investigación, se guía en primer lugar a la revisión bibliográfica sobre sistemas de bicicletas públicas en el mundo, con el fin de identificar los beneficios de este tipo de sistemas. Se recopila información sobre el sistema de bicicletas públicas en la ciudad de Tunja, realizando una serie de encuestas de satisfacción a los usuarios para finalmente obtener las conclusiones con un adecuado proceso objetivo. Los resultados muestran el alto grado de satisfacción que los usuarios tienen con el sistema a pesar de las deficiencias que presenta, teniendo en cuenta que este proyecto es muy reciente en la ciudad.

Finalmente, se concluye presentando los beneficios que BICITUNJA ha traído a los habitantes de la zona en la cual opera el sistema, especialmente en el ahorro de tiempo y dinero, por lo que la comunidad solicita su reincorporación a la ciudad considerando algunas recomendaciones para el mejoramiento de la calidad del sistema.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el aumento de la población en el mundo ha traído consigo cambios significativos de densificación urbana, distribución del uso del suelo, movilidad urbana, incremento del consumo de energías no renovables, de contaminación ambiental, aumento de índices de accidentalidad y congestión vial, entre otros.

La calidad de vida de los ciudadanos cada vez se ve más deteriorada por los cambios mencionados anteriormente, por esto cada día los expertos de diferentes disciplinas intervienen desde una nueva visión de movilidad fomentando sistemas de transporte considerados como un conjunto de instalaciones fijas (redes y terminales), entidades de flujo (vehículos) y un sistema de control que permiten movilizar eficientemente personas y bienes, para satisfacer necesidades humanas de movilidad.<sup>1</sup>

La persona promedio que viaja en automóvil ocupa  $45m^2$  de espacio en la calle, y esta misma persona en transporte público ocupará tan solo  $6m^2$ ; un trolebús o un autobús grande que transporta 50 pasajeros hace el trabajo de 29 automóviles como promedio, suficientes para llenar la longitud de una cuadra.<sup>2</sup> Ahora se debe pensar mejor en la organización de la ciudad, pensando en movilizar personas y no en movilizar vehículos.

El uso compartido de bicicletas y automóviles reducen el uso de energía y emisiones en el sector transporte. Los programas de bicicletas compartidas promueven el transporte en bicicleta en las ciudades, lo cual ha sido evidenciado en muchos estudios<sup>3</sup>. De esta manera, se vienen desarrollando proyectos que involucran el préstamo de bicicletas, servicio comúnmente conocido como “sistemas de bicicletas públicas” o sistemas de bicicletas compartidas”.

Según el estudio de movilidad realizado por el grupo de investigación GIDPOT<sup>4</sup>, Tunja es una ciudad que mueve más de 55,000 estudiantes al día, por lo tanto, requiere soluciones en materia de movilidad, una de estas alternativas es la

---

<sup>1</sup> SISTEMAS DE TRANSPORTE. Caracterización del sistema de transporte de la república de Argentina. Argentina, 2017. p. 1.

<sup>2</sup> CHIRIBOGA, Julio. Metodología de estudio de preferencias declaradas y reveladas para la implementación del sistema de bicicleta pública en una ciudad. Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2014. p. 15

<sup>3</sup> YONGPING, Zhanga & ZHIFU, Mi. Environmental benefits of bike sharing: A big data-based analysis. En: Applied Energy. March, 2018. p. 301.

<sup>4</sup> ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA Y UPTC. Herramienta de transporte terrestre urbano de pasajeros y carga. Simulación del efecto de proyectos de infraestructura y políticas de transporte. Informe C1, Sistemas de transporte en Tunja - características. Tunja. Octubre, 2012. p. 57.



implementación del plan piloto BICITUNJA, aprovechando la infraestructura existente y sabiendo que para el año 2012, los residentes que usaban la bicicleta como modo de transporte llegaba a los 1450.

La movilidad en bicicleta tiene múltiples ventajas. Es un modo eficiente, saludable, sostenible y que facilita la manera de transitar por las ciudades. Este proyecto tiene como objetivo general evaluar las condiciones presentes en el sistema de bicicletas públicas que actualmente opera en Tunja y de esta manera caracterizar al usuario a partir de su percepción del servicio.

Es necesario establecer las características actuales del sistema para determinar si su uso se está aprovechando en la ciudad, además de realizar una serie de comparaciones nacionales e internacionales que demuestren la calidad de servicio con la que opera BICITUNJA y como se podría mejorar el sistema, basándose en las experiencias que han tenido éxito.

Dado que se requiere conocer indicadores operativos y de percepción de los usuarios se plantea la realización de estudios de preferencias declaradas y reveladas, para obtener la estimación y pronósticos de demanda de un modo determinado de transporte y/o la predisposición a cambiar de modo a partir de las declaraciones de los usuarios; la aplicación de esta metodología se realiza en la ciudad de Tunja que ha sido elegida como caso de estudio donde se implementó el uso de la bicicleta como transporte alternativo y dentro de este específicamente el plan piloto BICITUNJA.

## 1. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo, se describen los elementos esenciales para comprender el propósito, los alcances y los resultados del presente proyecto.

### 1.1 PROBLEMA DE MOVILIDAD EN LAS CIUDADES

Uno de los principales problemas de la movilidad es la prioridad que se le ha dado al automóvil en los últimos años, por lo tanto, se obliga a la utilización de suelo urbano para el transporte, generando un desequilibrio en el ambiente para los ciudadanos. Es así como los problemas que padecen las ciudades son la herencia de este desarrollo urbano centrado jerárquicamente en el automóvil.<sup>5</sup>

El crecimiento de las ciudades en las zonas periféricas ha generado mayores distancias de desplazamiento, razón por la cual se requieren sistemas de transporte integrales para la movilidad de los ciudadanos. Por otro lado, la contaminación auditiva y del aire generada por los vehículos está causando un detonante en las ciudades, sin contar la congestión en las vías. No se trata de hacer más carreteras, se trata de gestionar estrategias para desestimular el uso de vehículo particular e incentivar el uso de medios de transporte no motorizados.

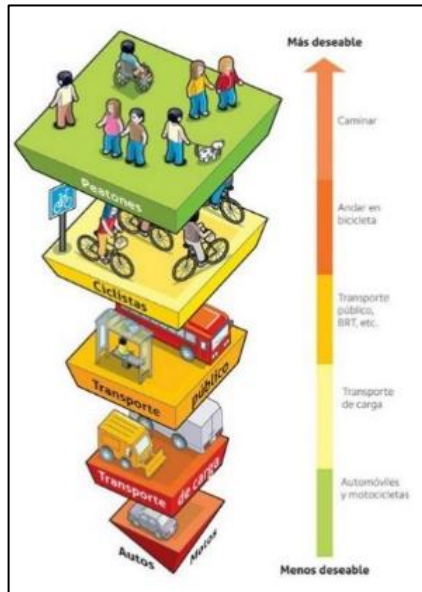
La movilidad ha cambiado, los problemas ambientales cada vez se vuelven más preocupantes, es así como en la actualidad se habla de movilidad sostenible, donde se busca reducir costos, ofrecer mejores condiciones de servicio y reducir la contaminación ambiental.

The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), presenta una jerarquización de la movilidad urbana, donde se prioriza a los modos de transporte alternativos (peatón – bicicleta) y el último nivel lo comparte los vehículos y motos (medios más contaminantes). Esta jerarquización contribuye a dar prioridad a los usuarios que son más vulnerables en la vía, además de ser eficiente con los recursos espaciales, ambientales y económicos y finalmente favorece la densificación. En la *figura 1*, se da a conocer la pirámide de movilidad urbana.

---

<sup>5</sup> GONZÁLEZ, Mariano. Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible. Madrid, 2007. p. 7.

**Figura 1.** Pirámide de jerarquía de la movilidad urbana



**Fuente:** ITDP [imagen]. Pirámide de jerarquía de la movilidad urbana. México [consultado: 30 de abril de 2018]. Disponible en: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/jerarquia1.jpg>.

## 1.2 CONCEPTO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

La sostenibilidad o desarrollo sostenible se plantea desde el informe Brundtland llevado a cabo por la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo de las Naciones Unidas en el año 1987. Con base en este documento se define el concepto de desarrollo sostenible como:

“El desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”

El desarrollo sostenible contempla 3 pilares importantes: progreso económico, justicia social y la preservación del medio ambiente. Con ello se entiende que la sostenibilidad no solo abarca el cuidado del ambiente, detrás de esto viene la calidad del servicio, la accesibilidad y el desarrollo económico.<sup>6</sup>

Por otro lado, dentro del documento *Glosario de movilidad sostenible*<sup>7</sup>, describe la movilidad sostenible como aquella que satisface las necesidades de las personas de moverse libremente sin comprometer los recursos y bienestar de las futuras generaciones. Lo anterior se define en 6 conceptos: eficiencia, seguridad, equidad, bienestar, competitividad y salud. Este tipo de movilidad garantiza un espacio de

<sup>6</sup> OBRA SOCIAL DE CAJA MADRID. Movilidad urbana sostenible: Un reto energético y ambiental. Madrid, 2010. p. 18.

<sup>7</sup> INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y SALUD. Glosario de movilidad sostenible. Barcelona: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, ISTAS, 2009. p. 66.

convivencia y de ambiente saludable para las personas, es así como evita la exclusión social, disminuye la accidentalidad, reduce las emisiones contaminantes y el cambio climático, propicia la salud pública, disminuye los costos socio ambientales y genera más participación de gestores de planificación y movilidad.

### **1.3 SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS VISTAS COMO MOVILIDAD SOSTENIBLE**

La movilidad actual se orienta en dos objetivos importantes: disminución del uso del automóvil y fomento del transporte público y medios no motorizados. Medidas que van encaminadas al mejoramiento del servicio y aumento de la competitividad<sup>8</sup>. Con respecto al fomento de los medios no motorizados o también llamados medios alternativos de transporte, involucra básicamente a peatón y al ciclista, de esta manera el uso de la bicicleta juega un papel importante.

El sistema de bicicleta públicas (SBP) nace como una estrategia de movilidad no motorizada el cual no genera efectos negativos en el ambiente ni en la salud de las personas<sup>9</sup>. Por lo tanto, estos sistemas de transporte vienen en crecimiento debido a las facilidades de implementación y al éxito que han tenido en países pioneros en movilidad sostenible.

En definitiva, estos sistemas son un complemento práctico para la red de transporte público que mitigan la congestión vehicular con beneficios de salud para el usuario, se consideran como una alternativa del transporte urbano para el desplazamiento de distancia cortas en zonas centrales de las ciudades<sup>10</sup>.

### **1.4 ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS**

El concepto de bicicletas públicas nace en el año 1965 por el consejero de la ciudad de Ámsterdam llamado Ludd Schimmelpennink, el cual lideraba la idea de poner a disposición del público 20.000 bicicletas blancas, con el fin de reducir el tráfico automovilístico del centro de la ciudad. Iniciativa que fue rechazada pero la cual se llevó a cabo por unos dirigentes poniendo a préstamo 50 bicicletas, pero la policía las incautó por que según ellos incitaban al robo; Es así como esta idea nunca llegó a tener éxito. Más adelante en Francia año 1993 se da inicio con el préstamo de bicicletas de una manera más controlada y Cambridge no se quedaría atrás en la implementación de este tipo de sistemas donde el robo y el vandalismo se

---

<sup>8</sup> GONZÁLEZ. Op. cit., p. 9.

<sup>9</sup> GONZÁLEZ, Samuel. Una nueva revolución en la movilidad urbana: los sistemas de bicicletas públicas. En: revista interdisciplinaria sobre estudios urbanos. Octubre, 2015-2016, Vol. 1, no.1.p. 33. ISSN: 2448-900X.

<sup>10</sup> Ibid., p. 28.

disminuye por el depósito que debía hacer el usuario para usar la bicicleta, es así como existía un mayor control<sup>11</sup>.

En Copenhague año 1991 nace el sistema ByCylken, bicicletas hechas a la medida y encadenadas a los estacionamientos operadas con monedas, se logra mayor seguridad, pero en caso de robo no había a quien culpar debido a que no existía el registro de usuarios.

Más adelante en 1998, Rennes (Francia) es el primer Estado en utilizar tarjetas inteligentes, en 2001 nace el sistema de París Velo'v de Lyon. Esta generación se caracteriza por los avances tecnológicos donde existía monitoreo tanto de la capacidad de las estaciones, como de los usuarios. Se evidencia tarjetas de crédito como mecanismos de pago, tal es el caso de Europa y Norte América. Países como China no hacen uso de este sistema de tarjetas de créditos, los usuarios deben hacer un depósito en una Smart card o dejar una tarjeta de identificación<sup>12</sup>.

A continuación, se dan a conocer otros datos importantes acerca de las generaciones que enmarcaron la historia de estos sistemas de transporte<sup>13</sup>:

- **Primera Generación (1965).** Se establece el plan de la “bicicleta blanca” por el grupo PROVO, el cual consistía en un sistema de préstamo de bicicletas para el público denominado Witte Fietsenplan y así garantizar su uso de manera libre, colectivo y público.

Se habla de utopía de bicicletas para todos, por el hecho de que la iniciativa fracasa para aquella época, cuya situación termina siendo un préstamo indiscriminado sin un control apropiado, es así como se evidencia que estos sistemas requerían de una estructura organizacional sólida.

- **Segunda generación (1974).** Este periodo inicia en 1974 con el servicio de préstamo de 350 bicicletas en la ciudad de Rochelle (Francia) denominado “bicicletas amarillas”, pero estos sistemas tendrían auge en los años noventa.

- **Tercera generación (1998).** Se caracteriza por tener estaciones fijas, donde los usuarios deben tomarlas y retornarlas en dichos lugares. Estos sistemas por lo general son automatizados, donde los usuarios son identificados por medio de tarjetas o llamadas telefónicas. El primer sistema automatizado del mundo es conocido como “Vélo á la carte” en la ciudad de Rennes en Francia, lo conformaban 200 bicicletas y 25 estaciones, funcionó hasta el 10 de mayo de 2009. Este sistema

---

<sup>11</sup> INSTITUTE FOR TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT POLICY (ITDP). Guía de planeación del sistema de bicicleta pública. Nueva York, 2015. p. 19.

<sup>12</sup> Ibid., p. 20 – 22.

<sup>13</sup> MONTEZUMA, Ricardo. Guía práctica para implementación Sistemas Públicos de bicicletas para América Latina. p. 12 – 23.

fue reemplazado por el actual sistema “Vélo STAR”. Dentro de esta generación nacen las bicicletas inteligentes “call a bike” con identificación electrónica y desbloqueo automático a distancia.

- **Cuarta generación.** Se caracterizan por tener: bicicletas eléctricas, tabletas electrónicas en el manubrio, recarga de baterías en la estación con ayuda de paneles solares y fácil instalación de la estación. Los sistemas a nivel mundial aun no gozan de estas características al 100%, es así como esta generación aún se encuentra en proceso de consolidación.

### **1.5 SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS**

“Se trata ante todo de un sistema público para fomentar el uso urbano de la bicicleta en viajes de corta distancia y duración (por lo general alrededor de 30 minutos), entre personas previamente inscritas e identificadas, quienes para el uso de la cicla deben tomarla en una estación preestablecida y retornarla después de su uso a la misma o a otra estación, todo dentro de un área de funcionamiento del sistema”<sup>14</sup>

Son sistemas de alquiler o préstamo gratuito de bicicletas en los núcleos urbanos, impulsados por la administración pública y con diferentes modelos de operación. Se diferencian de los servicios tradicionales de alquiler de bicicletas, más orientados al ocio o el turismo, por el hecho de prestar un servicio de movilidad práctico, rápido y pensado para el uso cotidiano.

También se diferencian de los alquileres tradicionales por la naturaleza de la operación del sistema, en la cual se puede tomar una bicicleta en cualquier punto de la red de estaciones y devolverlo en cualquier otro.

Se ha hablado de una evolución de los SBP en el mundo donde el primer momento en que se vio algo de este estilo fue con las “Bicicletas Blancas” en Holanda, una iniciativa de la década de 1960 donde se dejaban para su uso en toda la ciudad, pero tuvieron problemas de mantenimiento y pérdida de bicicletas. Esta ha sido denominada como la “primera generación” de SBPs.<sup>15</sup>

Los sistemas de bicicletas se pueden dividir en dos, pero existe un tercero que no es del todo un sistema de bicicletas públicas ya que puede ser impulsado por entidades privadas.

Parques comunitarios de bicicletas: se trata de bicicletas donadas, con variedad en su tipología. No se puede incluir como un servicio público ya que no se financia con recursos públicos.

---

<sup>14</sup> MONTEZUMA. Op. cit., p. 10

<sup>15</sup> PARDO, Carlos Felipe. Revisión de los sistemas de bicicletas públicas para América latina. EEUU, Washington D.C. 2012. p. 9.

En estos parques comunitarios el usuario se identifica en el sistema, de tal manera que si surge algún contratiempo se pueda acceder al sistema para identificar a las personas que han hecho uso de la bicicleta.

Sistemas de atención personal - manual: Estos sistemas requieren que los usuarios se identifiquen ante el personal de atención al público cuando deseen disponer de una bicicleta o devolverla.

El coste de este sistema puede ser total o parcialmente gratuito ya que hay lugares del mundo en donde la primera media hora es gratis y a partir de cumplido ese tiempo se realiza un cobro.

Sistemas automáticos: No es necesario el personal, se puede realizar la operación mediante tarjetas electrónicas.

El usuario tiene una tarjeta inteligente que es reconocida en las torres de control de los estacionamientos de bicis, estas torres tienen una pantalla táctil en donde aparece la contraseña para poder desbloquear cada bicicleta.<sup>16</sup>

Algunos de los beneficios que presentan estos sistemas son<sup>17</sup>:

- **De tipo energético:** Las bicicletas se consideran el medio de transporte más eficaz energéticamente, aún más que el peatonal. Es así como el uso, fabricación, reparación y desecho de una bicicleta requiere de muy poca energía en comparación con la de un automóvil.

- **De tipo medioambiental:** no consumen combustibles fósiles, no generan contaminación atmosférica y acústica, el ciclo de vida de las bicicletas es más sustentable, su infraestructura no requiere de grandes extensiones de suelos y permite la intermodalidad que permite reducir la congestión del tráfico.

- **Otros beneficios:** fácil manejo, es accesible, ayuda a la salud física, disminución de tiempos de viaje y ahorro de dinero, puede convertirse en un catalizador para que la gente empiece a usarla como una opción de transporte, genera mayor seguridad a otros ciclistas gracias al aumento de usuarios y crea oportunidades de empleo.

Los SBP benefician al servicio que presta el transporte público, ya que permite que este se realice de forma óptima gracias a la complementariedad del trayecto en bicicleta favoreciendo la intermodalidad. En cuanto a la promoción de la bicicleta, estos sistemas permiten mayor aceptación de la bicicleta como modo de transporte e incentiva a las entidades públicas a construir infraestructura ciclista y mobiliario

---

<sup>16</sup> MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Madrid, 2007. p. 21.

<sup>17</sup>Ibid., p. 13 - 18.

complementario. Además, atraen beneficios en cuanto a la eficiencia de uso de espacio urbano, seguridad vial y de salud. Este último beneficia la salud pública y con ello trae consigo disminución en los costos para la ciudad y las empresas de salud, ya que sus ciudadanos y empleados van a tener una mejor calidad de vida y una mayor actividad física lo que significa menores ingresos y menores visitas a clínicas y hospitales. Finalmente, los beneficios laborales también pueden llegar a ser altos ya que brinda la oportunidad a jóvenes y personas desempleadas a contribuir en actividades de mantenimiento de bicicletas, entre otras<sup>18</sup>.

Además de los beneficios de estos sistemas, también se hace necesario dar a conocer los inconvenientes a la hora de implementarlo. Estos obstáculos son de tipo personal y propios del sistema<sup>19</sup>.

- **Obstáculos personales:** se presentan las de tipo subjetivo como son: la distancia, seguridad vial, conveniencia, costos, valoración del tiempo y del ejercicio, y la condición física. Las de tipo objetivo son las consideradas como el clima, topografía, presencia de infraestructura para bicicleta, condiciones del tráfico y acceso a las alternativas del transporte.

- **Obstáculos del sistema:** uno de estos obstáculos es la carencia de infraestructura ya que muchas ciudades no cuentan con ciclorruta extensas y cruces adecuados que den prelación al peatón o ciclista, Otro de los obstáculos es el financiero debido al desequilibrio de los costos de operación y los ingresos de los suscritos. Por otro lado, la capacidad de pago con referencia al depósito y forma de pago también se convierten en una barrera por el hecho de que no todas las personas disponen de una tarjeta de crédito para obtener de este servicio y el depósito de garantía genera cierta desconfianza en los usuarios.

En cuanto a los obstáculos regulatorios, en algunas ciudades el uso del casco obligatorio y las altas multas impuestas a los ciclistas, son factores que desestimulan el uso de la bicicleta. Finalmente, la seguridad y los temas políticos también se deben considerar.

**1.5.1 Recomendaciones para aplicar este tipo de sistemas.** Algunas recomendaciones que se pueden tener en cuenta al momento de implantar un sistema de bicicletas públicas son las siguientes:

- **Cantidad de habitantes.** Las ciudades grandes pueden orientarse por sistemas automáticos con infraestructura propia. Las ciudades medianas o pequeñas pueden elegir un sistema manual o mixto y utilizar los equipamientos públicos existentes. Según los estudios del programa europeo NICHES, para que un sistema automático

---

<sup>18</sup> PARDO, Carlos Felipe. Revisión de los sistemas de bicicletas públicas para América latina. Op. cit., p. 44 – 46.

<sup>19</sup> *ibid.*, p. 47 - 50.



funcione con toda su potencialidad un tamaño apropiado es el de aquellas ciudades de al menos 200.000 habitantes.

En ciudades más pequeñas es aconsejable ubicar los puntos de bicicletas en los terminales, para aquellas personas que viajan a diario entre su lugar de residencia y su lugar de trabajo. Otra opción para municipios pequeños y/o con bajos recursos es la implantación de un sistema de bicicletas manual en el que se puedan aprovechar equipamientos existentes, como, por ejemplo, centros cívicos, secretarías de universidad, polideportivos, entre otros.

La *tabla 1* muestra un esquema orientativo del sistema más apropiado según el tamaño y densidad del municipio teniendo en cuenta que antes de realizar esto es preciso hacer un estudio de movilidad para poder elegir el sistema que más corresponde a sus objetivos.<sup>20</sup>

**Tabla 1.** Sistema aconsejado en relación al tamaño y la densidad de población

Población del municipio	Densidad	Tipo de sistema recomendado	Puntos de recogida y entrega de bicicletas
M > 200.000	Alta	Automático	Distribuidos por toda la ciudad
	Baja	Automático	Concentrados en centro de la ciudad o zonas más densas
200.000 > M > 50.000	Alta	Automático	Distribuidos por toda la ciudad
	Baja	Manual	Ubicados en equipamientos públicos (centros cívicos, polideportivos...) y estaciones de transporte público
50.000 > M	Alta	Automático	Puntos de más movimiento (estación central de transporte, centros de oficinas, ayuntamiento, fábricas...)
	Baja	Manual	Ubicados en equipamientos públicos (centros cívicos, polideportivos...) y estaciones de transporte público

**Fuente:** IDEA. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. España. Noviembre 2007. p. 83

- **Diseño.** Las bicicletas públicas deben tener un diseño específico y exclusivo, no solamente en su marco sino en las partes de la bicicleta, para evitar ser “desvalijada” y vendida por partes por ladrones de bicicleta.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> IDEA. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. España. Noviembre 2007. p. 83

<sup>21</sup> CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Movilidad en bicicleta en Bogotá. Bogotá. Agosto, 2009. p. 61.

- **Costos y financiación.** Los principales costos que se deben tener en cuenta para poder implantar un sistema de bicicletas públicas son los siguientes<sup>22</sup>:

- Elaboración de estudio de movilidad y evaluación del proyecto
- Compra de bicicletas e instalación de estacionamientos
- Mantenimiento, control, gestión y reparación
- Comunicación, atención al público y marketing
- Espacio público

Gracias a las innovaciones tecnológicas se pueden reducir algunos costos. Algunos métodos para poder financiar el sistema son:

- Gratuidad completa del servicio con ayuda del municipio
- Cuota fija anual, mensual o semanal
- Tarificación por minuto
- Publicidad en bicicletas o estacionamientos

## **1.6 COLOMBIA HACIA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE**

Colombia en los últimos años ha trabajado en la construcción de estrategias para generar medios de transporte sustentables, es así como lidera iniciativas para la disminución de contaminantes no solo en el sector del transporte, también en otros sectores como el industrial, eléctrico, entre otros. A continuación, se dan a conocer algunos indicadores importantes que reflejan la problemática de la contaminación y algunas políticas públicas con las cuales el país se encuentra comprometido.

- **Indicadores del sector transporte en el país.** Según el ministerio de ambiente, durante el 2010 se generaron 22 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> representando un 10%. Por otro lado, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) informa que anualmente fallecen 10.527 personas por causas de contaminación del aire por lo que el ministerio le apuesta al uso de medios alternativos como la bicicleta, ir a pie y con ello disminuir el consumo de combustibles fósiles<sup>23</sup>.

Para el año 2010 el sector transporte era el mayor consumidor de combustibles derivados de petróleo correspondiente al 90.8%. Es así como este sector tiene la mayor participación en el consumo de los combustibles en comparación con los demás sectores de la economía: industrial, terciario, residencia, agricultura, minería y otros<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> BEA, Miguel. Sistemas de bicicletas públicas urbanas. Febrero, 2009. p. 31

<sup>23</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE. Con movilidad sostenible Colombia podrá disminuir la contaminación del aire [en línea], 19 de septiembre de 2017 [Consultado el 12 de abril de 2018]. Disponible en internet: <<http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3220-con-movilidad-sostenible-colombia-podra-disminuir-la-contaminacion-del-aire>>.

<sup>24</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Proyección de demanda de energía en Colombia. Octubre, 2010. p. 20-22.

- **Políticas públicas asociadas con las bicicletas públicas.** La planeación y desarrollo de estos sistemas deben llevarse a cabo con base en las leyes y normas que lo enmarcan. Según Quintero<sup>25</sup>, Colombia presenta deficiencias en lo que tiene que ver con el marco legal y normativo de este tipo de sistemas, es así como la toma de decisiones para la gestión, planeación, implementación y operación de los sistemas de bicicletas se ha convertido en un problema, la falta de estas políticas se evidencia en aspectos de regulación de la operación y la prestación del servicio.

En el siguiente apartado se enuncia la normativa que compromete el uso de la bicicleta como un medio de transporte para promover la intermodalidad, además se dan a conocer acuerdos municipales que tienen que ver con la implementación de sistemas de bicicletas públicas.

Dentro de la normativa existente con respecto al uso de la bicicleta se tiene la ley 1811 de 2016, “por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el código nacional de tránsito”<sup>26</sup>

**La ley 769 de 2002** “Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones”, donde se regula la bicicleta como modo de transporte terrestre.<sup>27</sup>

La **ley 1083 de 2006**, por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones”, en su Artículo 1º, Con el fin de dar prelación a la movilización en modos alternativos de transporte, entendiéndose por estos el desplazamiento peatonal, en bicicleta o en otros medios no contaminantes, así como los sistemas de transporte público que funcionen con combustibles limpios, los municipios y distritos que deben adoptar Planes de Ordenamiento Territorial en los términos del literal a) del artículo 9º de la Ley 388 de 1997, formularán y adoptarán Planes de Movilidad según los parámetros de que trata la presente ley<sup>28</sup>.

**La ley 1682 de 2013** “por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias”.<sup>29</sup>, es así como en el artículo 3º se establece que la infraestructura de transporte debe ser segura, inteligente, eficiente y ambientalmente sostenible, donde el transporte sea posible en todos sus modos.

---

<sup>25</sup> QUINTERO, Julián. Bicicletas compartidas como sistema de transporte público urbano: análisis de políticas públicas en Colombia (1989-2017). En: Revista Ciudades, Estados y Política. Marzo, 2018. Vol. 4, 3. p. 17.

<sup>26</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1811. (21, octubre, 2016) Bogotá, 2016. p. 1.

<sup>27</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 769. (6, agosto, 2002). Bogotá, 2002.p. 1.

<sup>28</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1083. (31, julio, 2006). Bogotá, 2006.p. 1

<sup>29</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1682. (22, noviembre, 2013). Bogotá, 2013.p. 1

El **decreto 397 de 2010**, por el cual se adopta el Plan Distrital de Seguridad Vial para Bogotá, Distrito Capital". Artículo 16o, ítem 1. INFRAESTRUCTURA VIAL PARA LA MOVILIDAD SEGURA, "Ejecución de acciones que conduzcan a la adecuación y el mejoramiento de la infraestructura vial en la escala local y urbana, la señalización y la recuperación del espacio público, como parte de las acciones para la mitigación de la accidentalidad de los usuarios. De igual forma se armonizarán las condiciones del tráfico, la función de la vía, los aspectos geométricos y de infraestructura, con las actividades y usos del suelo adyacente y la consistencia y homogeneidad en los diseños de todo tipo de infraestructura para la movilidad: tanto peatonal como vehicular y para bicicletas<sup>30</sup>.

El **decreto 736 de 2014** "por el cual 'se reglamenta la planeación de los proyectos de infraestructura de transporte con la finalidad de asegurar la intermodalidad, multimodalidad, su articulación e integración, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9 de la ley 1682 de 2013"<sup>31</sup>.

El **decreto 596 de 2014** "Por medio del cual se adopta el Sistema de Bicicletas Públicas para la ciudad de Bogotá D.C. y se dictan otras disposiciones relativas al uso de la bicicleta en el Distrito Capital". Artículo 1º, ADOPCIÓN, "El Sistema de bicicletas públicas tiene como objetivo promover el uso de la bicicleta como un mecanismo alternativo de transporte, que favorece la salud pública, genera beneficios en materia ambiental, de movilidad y de intercambio modal"<sup>32</sup>. Se contempla temas como la accesibilidad, infraestructura, derechos del usuario, financiamiento del sistema y aspectos institucionales.

El **acuerdo municipal 84 de 2009** "Por medio del cual se reglamenta el Sistema de Bicicletas en la ciudad de Medellín que hará parte del Plan de movilidad de la ciudad"<sup>33</sup>

El **acuerdo municipal No 0014 del 2001**, Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja". En el artículo 21o, ESTRATEGIAS TERRITORIALES, ítem 10, se establece la "Promoción de sistemas alternativos de transporte como la bicicleta y el ferrocarril"<sup>34</sup> y artículo 91o POLÍTICAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE, ítem 8, "Promover el uso de las bicicletas y definir ciclovías temporales en ciertos sectores, horas y días o de carácter permanente en algunas vías planas como la universitaria, las paralelas al sistema de espacio público verde Peatonalización de los ejes

---

<sup>30</sup> COLOMBIA. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Decreto 397. (20, septiembre, 2010). Bogotá, 2010.p. 1

<sup>31</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Decreto 736. (10, abril, 2014). Bogotá, 2014. p. 1

<sup>32</sup> COLOMBIA. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Decreto 596. (19, diciembre, 2014). Bogotá D.C, 2014.p. 1

<sup>33</sup> COLOMBIA. CONCEJO DE MEDELLÍN. Acuerdo municipal 84 (29, noviembre, 2009). Medellín, 2009. p. 1

<sup>34</sup> TUNJA. CONCEJO MUNICIPAL DE TUNJA. Acuerdo municipal 0014. (1, junio, 2001) Tunja, 2001. p. 19.

de las carreras 10 y 11 y de las calles 19 y 20, a conectar con el intercambiador del Valle de los Ríos Jordán y La Vega.<sup>35</sup>

La legislación colombiana que respalda los sistemas de bicicletas compartidas como medio de transporte público alternativo urbano no es suficiente. Este problema no solo tiene que ver con la creación de normas Nacionales y municipales, además se debe perfeccionar la regulación y promoción actual. Lo anterior con el objeto de gestionar proyectos de inversión enfocados a la implementación de estos sistemas de préstamo en ciudades medias e intermedias<sup>36</sup>.

En la normativa anteriormente mencionada se habla de temas importantes como infraestructura segura, la intermodalidad, los incentivos para promover el uso de la bicicleta, pero con esto se deja en evidencia la falta de normatividad que existe en nuestro país frente a la bicicleta como medio de transporte. Es así, como los proyectos de este tipo no poseen un respaldo normativo apropiado para que puedan llevarse a cabo con éxito; La carencia de normas debilita el compromiso de las organizaciones, entidades e instituciones que luchan por una movilidad libre de contaminación y más accesible.

A pesar de lo anterior, el Ministerio de Transporte desde el año 2016 viene impulsando estrategias para la implementación de los sistemas de bicicletas públicas en las diferentes ciudades del país. Para poder acceder a este proyecto se debe presentar algunos requisitos que se encuentran sujetos al número de habitantes (si es mayor o menor de 250.000 habitantes). El Ministerio contribuye con la entrega de un lote de bicicletas que se ponen a disposición del municipio y además presta apoyo técnico para la adecuación y control de los sistemas. Por otro lado, el municipio es el pleno responsable de los costos generados por la operación y mantenimiento del sistema<sup>37</sup>.

### **1.7 ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS**

Las encuestas de preferencias son aquellas que permiten predecir el comportamiento de los individuos. Para ello se hace uso de modelos que se obtienen de las encuestas denominadas de Preferencias Reveladas (PR) o de Preferencias Declaradas (PD).

Las encuestas de preferencias declaradas experimentan situaciones hipotéticas (situaciones que no existen en el contexto actual) consideradas por el investigador que se aproximan a un experimento controlado. Es así, como las PD se diferencian

---

<sup>35</sup> Ibid., p. 79.

<sup>36</sup> QUINTERO. Op. cit., p. 32.

<sup>37</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE. Piloto bicicletas públicas 2016. [en línea], 13 de marzo de 2017 [Consultado el 25 de abril de 2018]. Disponible en internet: <[https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos\\_ambientales/piloto\\_bicicletas\\_publicas\\_2016](https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos_ambientales/piloto_bicicletas_publicas_2016)>.

de las PR en que el individuo debe elegir, jerarquizar o asignar alguna puntuación, a una o más situaciones hipotéticas. Uno de los grandes inconvenientes de este tipo de encuestas en los años 60 era la desconfianza que se tenía frente a un usuario que eligió una alternativa de una situación específica y que posiblemente su elección real no se encuentre acorde con lo manifestado; Pero con los años estos inconvenientes se han venido resolviendo ya que, tanto en el diseño de las encuestas como en su aplicación, se exige el personal y material apropiado para ello<sup>38</sup>.

Según el profesor Juan de Dios Ortuzar<sup>39</sup>, las encuestas PD presenta varias ventajas como: posibilidad de obtener múltiples respuestas, inexistencia de errores de medición ya que se presenta ante el encuestado situaciones con datos ya establecidos, permite evaluar atributos como la comodidad y confiabilidad y finalmente analiza condiciones hipotéticas. De igual manera se dan a conocer algunas desventajas o sesgos que se pueden presentar, como lo son: sesgo de afirmación (la persona responde con base a lo que el encuestador está buscando), el sesgo de racionalización (la persona responde según su experiencia y por ello descarta alternativas que puede ser aún más convenientes para otros usuarios), el sesgo de política (la persona elige de acuerdo a la necesidad que suple la alternativa) y el sesgo de no restricción (la persona elige lo que quiere pero a lo mejor en la práctica no lo aplica).

Las etapas a tener en cuenta para el diseño de las encuestas PD se enumeran a continuación<sup>40</sup>:

1. Identificación del ámbito de selección, factores a considerar y rangos de variación
2. Preparación del borrador del cuestionario
3. Reunirse con un grupo focal, con el fin de dialogar de los posibles errores del cuestionario, con el fin de mejorarlo
4. Rediseño del cuestionario
5. Prueba piloto para el rediseño del cuestionario en caso de ser necesario
6. Realizar una simulación

Para el diseño experimental se requiere de unas variables independientes consideradas como los atributos de los modos de transporte que se quiere evaluar (tiempo de viaje y espera, comodidad, tarifa, entre otros.), también se debe tener en

---

<sup>38</sup> ORTÚZAR, Juan de Dios y WILLUMSEN, Luis. Modelos de transporte. Madrid, PUBliCAN, 2008. p. 155 – 156.

<sup>39</sup> COURSERA. Introducción a los modelos de demanda de transporte. Preferencias declaradas. [en línea], [Consultado el 9 de mayo de 2018]. Disponible en internet: <<https://es.coursera.org/learn/demanda-de-transporte/lecture/Rg88G/preferencias-declaradas>>.

<sup>40</sup> POMPILIO, Juan. Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. En: revista de economía y estadística. Cuarta época, vol. 44. No.2. p. 99. ISSN 0034 - 8066.

cuenta las variables dependientes del sistema, las cuales se refieren a la elección de modo (taxi, Transporte Público, tranvía, entre otros). Cada variable independiente (denominada factor o atributo) se caracteriza por una determinada cantidad de niveles (o valores). Por ejemplo, una de las variables clave a considerar en todo experimento de elección modal será el precio o tarifa de los servicios de transporte público de pasajeros<sup>41</sup>.

## 1.8 MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA

La demanda del transporte se relaciona con la elección de los usuarios a la hora de hacer uso de un sistema, bien sea de manera individual o colectiva. Dichas elecciones no solo hacen referencia al modo de transporte, sino también a la ruta, destino, hora de viaje y demás. El usuario al seleccionar una alternativa de transporte busca minimizar aquellos inconvenientes que genera realizar un determinado viaje. Por lo tanto, es importante resaltar el concepto de función de utilidad, la cual se considera como una función matemática que depende de los atributos del viaje y de las características del individuo; dicha función toma valores de acuerdo con las preferencias del usuario<sup>42</sup>.

Para trabajar con una función de utilidad se requiere:

Un conjunto de opciones A, se consideran como las alternativas de viaje del usuario (Bus, taxi, etc.). Cada opción  $j$  de A posee un conjunto de atributos  $X_j$  (tiempo de viaje, costo, comodidad, etc.).

El conjunto de atributos S del individuo que son importantes en la elección (edad, sexo, ingreso anual, autos poseídos, etc.).

Con el principio de maximización de la utilidad, se busca que U, la cual depende de las alternativas A y de los atributos de los usuarios S, con el par de opciones  $j, k$  del conjunto A, se da la siguiente relación, donde se infiere que el usuario prefiere la opción  $j$  a la opción  $k$  si debe elegir entre ambas<sup>43</sup>.

$$U(X_j, S) > U(X_k, S)$$

Dentro de estos modelos econométricos se encuentran: logit jerárquico (HL), probit Multinomial (MNP), logit Mixto (ML) y Logit Multinomial (MNL). A continuación, se describe de manera general el modelo MNL.

- **Logit Multinomial (MNL).** Los modelos de regresión logística son modelos estadísticos en los que se pretende conocer la relación entre una variable

---

<sup>41</sup> Ibid., p. 100.

<sup>42</sup> MORENO, Eric. Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte. Sanfandila, Qro, 2011. p. 15. Publicación Técnica No. 335.

<sup>43</sup> Ibid., p. 15-16

dependiente cualitativa y variables explicativas independientes, que pueden ser cualitativas o cuantitativas. Cuando la variable dependiente tiene dos categorías, se acostumbra a usar la regresión logística binaria clásica, en el caso de que la variable dependiente sea con más de dos categorías la opción que ha venido dando mejores resultados, además de ser menos complicada en su interpretación, es la regresión logística multinomial.

La regresión logística multinomial es usada para estimar modelos con variable dependiente cualitativa con más de dos categorías y es una extensión multivariante de la regresión logística binaria clásica. Tradicionalmente las variables dependientes con más de dos categorías han sido modeladas mediante técnicas multivariantes como el análisis discriminante, pero, gracias al creciente desarrollo de las técnicas de cálculo, se ha hecho cada vez es más habitual el uso de modelos de regresión logística multinomial que actualmente ya están implementados en paquetes estadísticos como SPSS o R, debido a la mejor interpretabilidad de los resultados que proporciona.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> CARRERA SÁNCHEZ, Andrés Sebastián. Escuela Politécnica Nacional. Optimización de generación de contactos telefónicos en gestión de cobranzas mediante un modelo multinomial de mejor horario llamada (Best time to call). Quito, 2017. p.12



## 2. EXPERIENCIAS DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS

En el siguiente capítulo se describen algunos de los sistemas de bicicletas públicas más reconocidos a nivel mundial, destacados por el éxito que han tenido desde su implementación y las experiencias nacionales que ha tenido el país en las cuales se encuentra el plan piloto bicicletas públicas 2016.

### 2.1 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Los sistemas de bicicletas públicas han tenido gran auge en algunas ciudades europeas y de América. Los sistemas Vélib, Bicing, Bixi, Samba, B'easy y Ecobici son sistemas que han sido reconocidos a nivel mundial por el éxito que han tenido desde su implementación. Los sistemas como Vélib y Bicing son sistemas que, desde sus inicios, se caracterizaron por tener bicicletas sofisticadas (luces, sillín graduable, entre otros), el acceso se hace a partir de tarjeta bancaria y sistema automático. Sus primeros meses de operación estos sistemas presentaron algunos problemas de vandalismo e inconvenientes en la falta disponibilidad de bicicletas para el servicio del usuario. En cuanto a Bicing, dos meses después de su implementación se aumentó considerablemente el número de bicicletas pasando de 200 a 1500. Por otro lado, Bixi y Samba iniciaron su operación con tecnología moderna y sofisticada debido a que las estaciones funcionaban a partir de paneles solares y las bicicletas también presentaban una disposición apropiada para evitar el robo de sus elementos.

De manera general, estos sistemas nacen con el objetivo de servir de complemento al transporte público, sistema metro, BRT, entre otros y suplir los viajes de cortas y medias distancias; es así, como la gran mayoría de las estaciones se encontraban ubicadas en dichas áreas. En la actualidad se ha creado nueva tecnología para las bicicletas compartidas. Estaciones y bicicletas eléctricas de tecnología de punta; bicicletas menos pesadas, más confiables y confortables; aplicaciones con parámetros de uso de la bicicleta, localización de estaciones, opciones de pago y datos actualizados del estado general del sistema como la disponibilidad, son algunos avances que se observan en este tipo de sistemas.

En la *tabla 2* se detallan aspectos importantes que definen las principales condiciones en los primeros meses de operación. Se realiza una comparación entre los sistemas ya mencionados y BICITUNJA.

**Tabla 2.** Comparación de los sistemas de bicicletas públicas

Concepto/ SBP	Vélib (Paris)	Bicing (Barcelona)	Bixi (Montreal)	Samba (Rio de Janeiro)	B´easy (Santiago de Chile)	Ecobici (México)
<b>Inauguración</b>	2007, julio	2007, marzo	2009, abril	2008, diciembre	2008, diciembre	2010, febrero
<b>Bicicletas, estaciones (1ra fase)</b>	10.648, 750	200, 14	-	80, 8	40	1200, 84
<b>Modelo de financiación</b>	Contrato de publicidad y suscripciones	Suscripciones e ingreso por estacionamiento vehicular	Suscripciones, ingresos por estacionamiento, publicidad.	Suscripciones y publicidad.	Subsidio 100 %	Subsidio por el gobierno 100 %
<b>Tarifas</b>	1ra media hora gratis, cobro después de este tiempo	1ra media hora gratis, cobro después de este tiempo	1ra media hora gratis, cobro después de este tiempo	1ra media hora gratis, cobro después de este tiempo	mensual (2 UDS), Anual (16 USD)	1ra media hora gratis, cobro después de este tiempo
<b>Disponibilidad</b>	Todo el año	Todo el año, lunes a viernes: 5:00 am - 12:00 am. Sábado (24 hrs)	Toda la semana (24hrs)	Toda la semana: 6:00 am - 10: 00 pm	Lunes a viernes: invierno (7:30am-7: 30pm), verano(7:30 am – 8: 30pm). Sábado, domingo y festivos: invierno (9:00 am-6:00pm), verano (9:00 am-8:00pm)	Lunes a domingo: 7:00 am - 12:30 pm
<b>Tiempo de uso</b>	-	2 horas	45 minutos	60 minutos	60 minutos	-
<b>Sexo</b>	58% hombres Y 42% mujeres	51% hombres Y 49% mujeres	-	-	-	-
<b>Usuarios (edad)</b>	El 17% de los usuarios tiene más de 46 años de edad	51 % entre 25 y 35 años	mayoría 18 - 44 años	-	33% entre los 31 y 40 años	-
<b>Motivos de uso</b>	-	Rapidez	Trabajo	-	-	-
<b>Usuarios registrados</b>	-	30.000 ( 2 meses de operación)	-	-	4776 ( 9 meses de operación)	-

Fuente: elaboración propia

## 2.2 EXPERIENCIAS NACIONALES

El Ministerio de Transporte, en cumplimiento del principio de publicidad asociado a la convocatoria publicada el 4 de marzo de 2016, se permitió dar a conocer la lista de los municipios que fueron seleccionados en el programada Piloto de Bicicletas Públicas 2016 conforme a los requisitos establecidos por la entidad para tal fin. En total fueron recibidas 145 propuestas de igual número de municipios adscritos a 29 Departamentos a nivel nacional.<sup>45</sup>

Los 23 municipios beneficiados en el plan Piloto de Bicicletas se encuentran en la siguiente tabla:

<sup>45</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Piloto bicicletas públicas 2016. [En línea]: [https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos\\_ambientales/piloto\\_bicicletas\\_publicas\\_2016](https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos_ambientales/piloto_bicicletas_publicas_2016). 2016

**Tabla 3.** Municipios beneficiados por Piloto Bicicletas Públicas 2016

DEPARTAMENTO	CIUDADES SELECCIONADAS
Quindío	Armenia
Risaralda	Pereira
Cesar	Valledupar
Boyacá	Tunja
Tolima	Ibagué
Huila	Tesalia
Valle del Cauca	Cartago
Cauca	Popayán
Quindío	La Tebaida
Caldas	Villamaria
Caldas	La Dorada
Archipiélago San Andres	Providencia y Sta Catalina
Magdalena	Zona Bananera
Cundinamarca	Funza
Amazonas	Leticia
Putumayo	Puerto Guzmán
Guajira	Villanueva
Vaupés	Taraita
Caldas	Manizales
Magdalena	Aracataca
Risaralda	Marsella
Nariño	Ipiales
Meta	Acacias

**Fuente:** MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Piloto bicicletas públicas 2016. [En línea]: [https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos\\_ambientales/piloto\\_bicicletas\\_publicas\\_2016](https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos_ambientales/piloto_bicicletas_publicas_2016). 2016

**2.2.1 BiciTunja.** El 20 de noviembre del 2017 se da apertura al sistema de bicicletas públicas y su operación empieza a ser monitoreada hasta el 24 de abril del 2018. A continuación, se describe el sistema de préstamo de bicicletas de la ciudad donde se especifica información importante como: acceso al sistema, estaciones de préstamo, entre otros. Es así como de manera detallada se involucran los elementos que contribuyen a la operación y funcionamiento del sistema.

Dentro del plan de desarrollo del municipio 2016 – 2019<sup>46</sup> se establecen algunos componentes estratégicos a ejecutar durante este periodo, uno de ellos hace parte del mejoramiento de las condiciones de movilidad de la ciudad. Este componente se desarrolla a partir de 4 programas, haciendo énfasis especialmente en lo que tiene que ver con las bicicletas y su infraestructura. Se abarcan temas como la ampliación y mejoramiento de la red vial de medios alternativos de transporte, así como la organización de ciclorrutas con el fin de habilitar corredores permanentes y temporales para incentivar el uso de estos modos, además de otras estrategias como la implementación de alquiler o préstamo de bicicletas. Además, se habla de gestión eficaz del transporte y cultura ciudadana para la movilidad. Finalmente se

<sup>46</sup> ALCALDIA MAYOR DE TUNJA. Plan de desarrollo municipal Tunja en equipo 2016 – 2019. Op. cit., p. 22-30.

busca aumentar el porcentaje de participación del uso de la bicicleta, pasando del 1% al 2%.

En la siguiente tabla se da a conocer de manera sucinta las metas planteadas por el municipio con énfasis en el transporte en bicicleta y sus elementos.

**Tabla 4.** Cuadro resumen de metas

INDICADOR DE RESULTADO	LÍNEA BASE	META
Kilómetro de ciclo vías	1.6	6
Kilómetros habilitados para ciclorutas	0	5
Número de campañas para uso de transporte público y modos alternativos	0	4
Sistema de bicicletas públicas operando	0	1

**Fuente:** elaboración propia a partir de cuadro resumen de metas PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2016 – 2019 – TUNJA.

- **Acceso al sistema, estaciones e infraestructura.** Para acceder al sistema se debe realizar la preinscripción del formulario que se encuentra en la página web, como se expone en la *figura 2*. Posterior a este procedimiento, es necesario que el usuario se acerque a alguna de las estaciones y haga el debido registro donde además de sus datos personales (nombres, apellidos, género, dirección, correo y otros), se debe proporcionar la cédula y una contraseña, información que se requiere al momento de solicitar el préstamo de una bicicleta. Después de dicho registro, el usuario queda activo en el sistema transcurridas 4 horas.

**Figura 2.** Formulario pre - inscripción

Tipo Documento:	<input type="radio"/> T.I <input checked="" type="radio"/> C.C <input type="radio"/> C.E <input type="radio"/> PAS	
Documento:	<input type="text"/>	
Nombres Apellidos:	<input type="text"/>	
<b>Fecha de Nacimiento</b>		
Año:	Mes:	Día:
<input type="text" value="Seleccione..."/>	<input type="text" value="Seleccione..."/>	<input type="text" value="Seleccione..."/>
Genero:	<input checked="" type="radio"/> Mujer <input type="radio"/> Hombre	
Lugar Residencia:	<input type="text" value="Seleccione..."/>	
Dirección:	<input type="text"/>	
Telefono Fijo:	Estrato:	<input type="text" value="Seleccione..."/>
Correo:	<input type="text"/>	
Discapacidad:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Si	
<input type="button" value="Insertar registro"/>		

**Fuente:** sistema de bicicletas públicas de Tunja [imagen]. Disponible en: <http://186.117.128.93/bicicletas/Ciudadano.php>

Una vez realizada la inscripción, el usuario puede disponer de una bicicleta ingresando su número de identificación y contraseña en el sistema. Este goza de un sistema semi - automatizado el cual permite que el préstamo lo solicite directamente el usuario. Es así, como el sistema arroja el número de la bicicleta a usar y el código de 4 dígitos, el cual se ingresa en el candado para tomar la bicicleta.

**Figura 3.** Sistema semi-automatizado y candado



**Fuente:** elaboración propia

El plan piloto de bicicletas públicas contempla tres estaciones conocidos como: Los Hongos, centenario y centro histórico. Estos espacios de préstamo tienen como fin conectar la zona sur - centro de la ciudad y hacer el debido aprovechamiento de la ciclorruta existente, la cual se encontraba en abandono.

**Figura 4.** Estaciones de préstamo de bicicletas



**Fuente:** elaboración propia a partir de Google Earth [fecha de imagen 01/02/2015]

La infraestructura dispuesta para el sistema es exclusiva para el uso de los usuarios. Las estaciones destinadas para el préstamo se dan a conocer en la *figura 5*.

**Figura 5.** Estaciones BICITUNJA



**Fuente:** Prensa Alcaldía de Tunja. Página oficial de Facebook. [en línea]. [Consultado: 6 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.facebook.com/gobiernotunja/>

En la *figura 4*, se evidencia el trazado habilitado para la circulación de las bicicletas que hacen uso del sistema. Se dispone de una ciclorruta ubicada en la carrera 11 desde la intersección de los Hongos hasta el bosque de la República. El tramo continúa en la calle 13 el cual se encuentra una ciclobanda acompañada con unas barreras, siguiendo la carrera 10 entre las calles 13 y 15 se dispone de una calzada completa y para finalizar en la estación del centro, entre las calles 15 y 18 se dispone de una bicicarril sentido sur – norte. En la *figura 6* se da a conocer la ciclorruta que se extiende por la carrera 11 y en la *figura 7* se identifica parte de vía que conecta la carrera 10 con la calle 13.

**Figura 6.** Cicloruta habilitada carrera 11



**Fuente:** Prensa Alcaldía de Tunja. Página oficial de Facebook. [en línea]. [Consultado: 6 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.facebook.com/gobiernotunja/>

**Figura 7.** Carrera 10 con calle 13



**Fuente:** elaboración propia

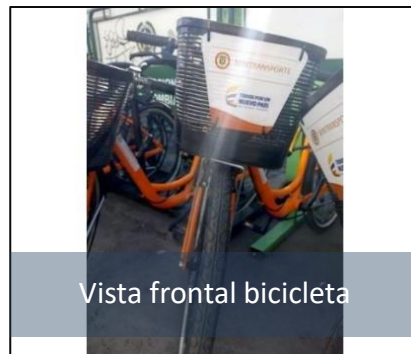
**- Bicicletas disponibles, horario de préstamo y proceso de mantenimiento.**

Actualmente se dispone de 53 bicicletas para el aprovechamiento de los usuarios del sistema, las cuales fueron proporcionadas por el Ministerio de Transporte. No todas las bicicletas cuentan con cascos para la protección personal del usuario.

**Figura 8.** Bicicletas disponibles en el sistema



Vista panoramica bicicletas



Vista frontal bicicleta

**Fuente:** elaboración propia

El horario para el préstamo de las bicicletas es de 7:00 am – 7:00 pm. Cada préstamo tiene un tiempo de devolución límite de 20 minutos, es decir, el usuario solicita la bicicleta y esta debe ser devuelta al cabo de 20 minutos en unas de las tres estaciones disponibles.

En cuanto al mantenimiento de las bicicletas, están son sometidas a tres procedimientos:

- Alistamiento diario: se realiza una inspección general del estado de la bicicleta cuando inicia la prestación del servicio.
- Mantenimiento preventivo: este se lleva a cabo una vez cada dos semanas.

- **Mantenimiento correctivo:** se requiere cuando la bicicleta presenta un daño grave, por lo general este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cada vez que sea necesario.

- **Normas del servicio, motivos de penalización y tiempos de sanción.** En cuanto a las normas, el sistema posee las siguientes:

- Se ingresa al sistema con número de cédula y contraseña, se le asigna el número de la bicicleta a usar y el código del candado para sacarla. Es posible hacer cambio de bicicleta.
- Al momento de tomarla, se debe ubicar el número de la bicicleta en la barra baja del marco o en el guardabarros trasero.
- Al momento de la devolución, se ingresa al sistema y se califica el servicio. Es importante dejar el candado en la posición correcta.

La penalización a los usuarios se da en los siguientes casos:

- No devolver la bicicleta al sistema.
- No asegurar la bicicleta en alguno de los estacionamientos.
- No dejar el candado en la posición correcta (la clave hacia arriba y revolviendo los números una vez asegurado)
- En caso de pérdida de un elemento o daño en la bicicleta, el usuario debe responder económicamente.

Los tiempos de sanción dependen de la reiteración de faltas y la antigüedad del usuario.

- 1 vez: 1 día
- 2 veces: 2 días
- 3 veces: 5 días
- 4 veces: se debe comunicar con el Centro De Atención Telefónica para establecer un compromiso.

- **Comparación:** A pesar de que BICITUNJA se encuentra apenas en sus inicios, es un sistema que ha tenido amplia acogida por parte de los Tunjanos, y esto se ve reflejado en las cifras que hasta el momento arroja el sistema con más 3088 usuarios inscritos y más de 22,000 viajes en lo que estuvo en funcionamiento el plan piloto.

BICITUNJA, se encuentra entre las mejores ciudades en las que tuvo éxito el sistema, ya que no en todas se ha iniciado con el funcionamiento y en otras, a pesar de ser ciudades con mayor cantidad de habitantes se han registrado menos viajes que en el sistema de la ciudad de Tunja.



ENCICLA y Manizales en BICI, son los referentes nacionales en cuanto a SBP de Colombia, ya que son sistemas que funcionan con éxito antes de que se pusiera en marcha el plan piloto. Resaltando que solo ENCICLA cuenta con más de 50 estaciones y Manizales en BICI con 8.

Manizales en BICI registra que en un día se alcanzan a realizar 450 préstamos, y aunque en esta ciudad el SBP inició en el año 2015, BICITUNJA no está tan lejos porque, aunque solo funcionó por 5 meses, en el día de máxima demanda se registraron 299 viajes.

En BICIBOG, a pesar de que los resultados obtenidos durante la implementación de la prueba piloto fueron bastante buenos, teniendo entre sus cifras más de 12mil inscritos en tan solo dos semanas, el sistema a la fecha no se ha podido volver a implementar. Según la secretaria de movilidad de Bogotá se espera que para el 2019 entre en operación.

En la *tabla 5*, se expone una comparación de los sistemas más destacados a nivel nacional.

**Tabla 5.** Cuadro resumen de metas

Concepto/ SBP	BiciBOG (Bogotá)	EnCicla (Valle de Aburrá)	Manizales en Bici (Manizales)	Valledupar avanza en Bici (Valledupar)	Bicitunja (Tunja)
<b>Inauguración</b>	2011, Noviembre	2011, Octubre	2015, Noviembre	2018, Marzo	2017, Noviembre
<b>Bicicletas</b>	200	145	70	40	53
<b>Estaciones</b>	2	11	3	-	3
<b>Modelo de financiación</b>	Secretaría distrital de movilidad de Bogotá 100%	Área Metropolitana del Valle de Aburrá, con el apoyo de la Universidad Eafit	Subsidio 100 % municipio	Subsidio 100 % gobierno y municipio	Subsidio 100 % gobierno y municipio
<b>Disponibilidad</b>	Lunes a viernes 6:00am a 5:00pm	Lunes a viernes de 5:30 a.m. a 10:00 p.m. y sábados de 6:30 a.m. a 4:00 p.m	Lunes a viernes 6:00am a 8:00pm	Lunes a viernes 7:00am a 6:00pm	Lunes a viernes: 7:00 am – 7:00 pm
<b>Tiempo de uso (Máx)</b>	15 min	60 min	-	60 min	20 minutos
<b>Usuarios registrados</b>	17180 (2 semanas de operación)	5000 (4 meses de operación)	5000	3400 (3 meses de operación)	3088 (5 meses de operación)
<b>Población</b>	7'467,804	3'592,063	390,084	413,341	174,561

**Fuente:** elaboración propia

### 3. PRUEBA PILOTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL SISTEMA

Dentro de este capítulo se describe la metodología que se tuvo en cuenta para la elaboración y aplicación de las encuestas piloto. El procedimiento de análisis de los datos permite identificar posibles errores en el cuestionario y así realizar las correcciones pertinentes para las encuestas definitivas.

#### 3.2 DISEÑO DE LA ENCUESTA PILOTO

Se decidió realizar una prueba piloto para determinar la claridad con la que el usuario percibe las preguntas del cuestionario. El diseño de la encuesta se hizo con base a los objetivos planteados en el presente estudio. La encuesta se divide en dos partes, una de preferencias reveladas para el reconocimiento de las condiciones propias de los usuarios y las de preferencias declaradas para notar algunos atributos en la selección del sistema en donde se establecen escenarios de decisión para que el individuo elija entre el sistema BICITUNJA y el Transporte Público Colectivo Urbano (TPCU) de la ciudad de Tunja. La prueba piloto se muestra en el *anexo A*.

**3.2.1 Diseño encuesta de preferencias reveladas.** La parte inicial de la encuesta busca reconocer características como ocupación, medio de transporte habitual, grado de importancia frente a ciertas condiciones del sistema y algunas preferencias del usuario acerca del sistema de bicicletas públicas de la ciudad.

**3.2.2 Diseño encuesta de preferencias declaradas.** Para el diseño de la encuesta de tipo preferencia declarada, se debe identificar como primera medida los atributos que deben ser evaluados en el modelo. De manera general, los factores que influyen en la elección del modo de transporte se dividen en tres grupos: las características de las personas individuales (disponibilidad de coche, estructura del hogar, ingreso), las características de viaje (propósito del viaje y periodo del día) y las características del medio de transporte. Estas últimas a su vez se subdividen en dos grupos: factores cuantitativos (tiempos de viaje y tarifas) y factores cualitativos (la comodidad, la confiabilidad y la seguridad)<sup>47</sup>.

A continuación, se da a conocer el procedimiento para el diseño de la encuesta.

- **Identificación de los atributos y niveles.** En el presente estudio se tiene en cuenta dos modos de transporte que hacen parte de las variables dependientes del modelo, el Transporte Público Colectivo Urbano (TPCU) y el sistema de Bicicletas Públicas (BICITUNJA). Los atributos por evaluar son: el tiempo de viaje, tiempo de espera y el costo del viaje. De la misma manera, para cada uno de los atributos se

---

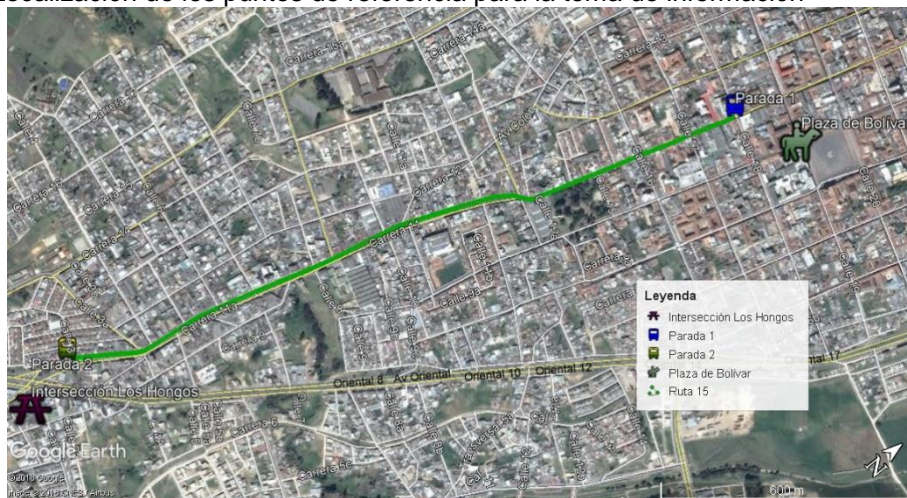
<sup>47</sup> ORTÚZAR, Juan de Dios y WILLUMSEN, Luis. Op. cit., p. 303 - 304

dispone de dos niveles. Se hace una comparación con el TPCU ya que es el medio de transporte motorizado más usado en la ciudad. Por otro lado, los atributos ya mencionados, son factores que, a la hora de elegir un modo de transporte, son los que predominan y por ello se hacen presentes en el modelo.

- **Recolección de datos de tiempos de viaje y espera.** Para obtener valores reales de tiempo de viaje y de espera de los usuarios, se tuvo en cuenta el tramo comprendido entre La Plaza de Bolívar y Los Hongos tanto para el sistema TPCU como para BICITUNJA. Esta selección se fundamenta en que en este tramo opera el sistema de préstamo de bicicletas, el cual es considerado como el área de estudio.

Para el caso del TPCU, el tiempo de viaje se determina haciendo uso del sistema y tomando el tiempo que tarda el bus en recorrer el tramo de estudio. Se decide tomar la ruta 15 ya que este se aproxima a las estaciones de préstamo bicicletas. El tiempo de espera se obtiene tomando el tiempo que tarda una persona en esperar la ruta ya mencionada. Este procedimiento consistió en medir el tiempo desde el punto inicial del tramo considerado como “Parada 1” localizado en la carrera 11 con calle 18 y el punto final considerado como “Parada 2” ubicado en la carrera 11<sup>a</sup> con calle 3. En la *figura 9* se ilustra estos puntos de referencia.

**Figura 9.** Localización de los puntos de referencia para la toma de información



**Fuente:** elaboración propia a partir de Google Earth [fecha de imagen 01/02/2015]



Para el caso de BICITUNJA, el tiempo de viaje se obtiene haciendo uso de las bicicletas y de la misma manera se contabiliza el tiempo que gasta una persona en recorrer desde la estación del Centro a la estación Los Hongos. El tiempo de espera se toma como el tiempo que tarda una persona en acceder al sistema.

Cabe resaltar que se toman dos datos por cada tiempo de viaje y de espera de los modos de transporte analizados: en hora valle y en hora pico.

Para el caso de la tarifa o costo de viaje de BICITUNJA se analiza lo siguiente: El costo actual del sistema de bicicletas públicas de Tunja es gratuito, es por esto por lo que se elige como costo de viaje igual a 0 pesos. Por otro lado, se asignó un valor de 800 pesos considerando un escenario donde el sistema tenga una tarifa. Este último valor de costo de viaje se asignó de acuerdo con la siguiente condición: en algunas ciudades la tarifa es menor al de transporte público con el fin de hacerlo competitivo con los otros modos de transporte<sup>48</sup>. No es posible comparar las tarifas de sistemas europeos ya que los 30 minutos adicionales de uso es de aproximadamente 1 euro y en el caso de ECOBICI en México es de 12 pesos mexicanos, valores que se encuentran por encima de la tarifa de transporte público de Tunja. Por esta razón se establece un valor de tarifa de 800 pesos, considerando que es un valor que corresponde a la mitad de la tarifa de TPCU.

Finalmente, la tarifa o costo de viaje para el TPCU se asigna el valor actual de \$1600 y el valor de \$1700, este último basado en la estimación del crecimiento anual que presenta el sistema, cuyo aumento comúnmente es de \$100 cada año.

**Tabla 6.** Atributos y niveles para cada modo de transporte

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	NIVELES
	Tiempo de viaje	8 min
		13 min
	Tiempo de espera	4 min
		7 min
	Costo del viaje	COP 1600
		COP 1700
	Tiempo de viaje	10 min
		12 min
	Tiempo de espera	1 min
		4 min
	Costo del viaje	0
		COP 800

Fuente: elaboración propia

- **Diseño experimental factorial.** Para el presente estudio se tiene en cuenta tres atributos y dos niveles para cada uno, es así como se deben evaluar 144 escenarios.

$$2^1 \times 3^2 \times 2^3 = 144 \text{ escenarios}$$

Debido a la gran cantidad de combinaciones resultantes del diseño factorial, se puede proceder a realizar diferentes procedimientos para disminuir el número de

<sup>48</sup> ITDP. Op. cit., p. 128

escenarios que serán evaluados por el encuestado. En este caso, la reducción de números de niveles o de atributos no es una opción, por lo tanto, una vez determinado la cantidad de variables, niveles y las interacciones entre atributos, se elige un plan maestro (máster plan) que identifique los efectos principales y las interacciones del modelo.

Con base en el documento *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment*<sup>49</sup>, se encontró que el plan maestro adecuado para el modelo es el *MÁSTER PLAN 5*, el cual se deduce según la cantidad de variables planteadas y el número de niveles para cada una de ellas.

Dentro de la guía anteriormente mencionada, en la descripción de los planes maestros, se resaltan dos procedimientos importantes a la hora de elegir el plan. Por un lado, se tiene el índice y por el otro los planes maestros. A partir del índice se pudo determinar el plan a utilizar y la selección de las columnas a tener en cuenta (6,7,12,13,14 y 15). En la *tabla 7* se puede observar el plan que ha sido seleccionado, donde se resalta el número de pruebas (16) y el número de columnas a emplear (6).

**Tabla 7.** Mater plan número 5

<b>MASTER PLAN 5:</b>		<b>16 trials</b>			
<b>12345</b>	<b>678910</b>	<b>11111</b>	<b>11112</b>	<b>22222</b>	<b>12345</b>
00000	00000	00000	00000	00000	00000
01123	01121	00001	10111	01110	01110
02231	02211	00010	11011	10011	10011
03312	01112	00011	01100	11101	11101
10111	10111	01100	00110	11011	11011
11032	11012	01101	10001	10101	10101
12320	12120	01110	11101	01000	01000
13203	11201	01111	01010	00110	00110
20222	20222	10100	01011	01101	01101
21301	21101	10101	11100	00011	00011
22013	22011	10110	10000	11110	11110
23130	21110	10111	00111	10000	10000
30333	10111	11000	01101	10110	10110
31210	11210	11001	11010	11000	11000
32102	12102	11010	10110	00101	00101
33021	11021	11011	00001	01011	01011

**Fuente:** elaboración propia a partir de: *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment*. p. 211

Posteriormente como se expone en la *tabla 8* se asigna valores de 0 y 1 a los niveles

<sup>49</sup> KOCUR, George, *et al.* *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment*. Washington D.C. September 1981. p. 211.

**Tabla 8.** Codificación de atributos y variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	NIVELES	CÓDIGO
Tiempo de viaje	8 min	0
	13 min	1
Tiempo de espera	4 min	0
	7 min	1
Costo del viaje	COP 1600	0
	COP 1700	1
Tiempo de viaje	10 min	0
	12 min	1
Tiempo de espera	0 min	0
	4 min	1
Costo del viaje	0	0
	COP 800	1

**Fuente:** elaboración propia

Con lo anterior, se establecen los escenarios para cada modo de transporte.

**Tabla 9.** Escenarios obtenidos

No de escenario	TPCU			SBP		
	Tiempo de viaje (min)	Tiempo de espera (min)	Costo del viaje	Tiempo de viaje (min)	Tiempo de espera (min)	Costo del viaje
1	8	4	1600	10	1	0
2	8	7	1600	10	1	800
3	8	4	1600	10	4	0
4	8	7	1600	10	4	800
5	13	4	1700	15	1	0
6	13	7	1700	15	1	800
7	13	4	1700	15	4	0
8	13	7	1700	15	4	800
9	8	4	1600	15	1	0
10	8	7	1600	15	1	800
11	8	4	1600	15	4	0
12	8	7	1600	15	4	800
13	13	4	1700	10	1	0
14	13	7	1700	10	1	800
15	13	4	1700	10	4	0
16	13	7	1700	10	4	800

**Fuente:** elaboración propia

### 3.3 APLICACIÓN DE ENCUESTAS

La aplicación de las encuestas se llevó a cabo en las horas de la tarde el día 26 de abril del presente año. Se aplicaron 63 encuestas a personas consideradas como “no usuarios” del sistema. El tipo de muestreo que se utilizó es de tipo probabilístico simple el cual consiste en la selección de una persona al azar para el diligenciamiento de la encuesta. El personal disponible para la toma de información fue de 3 personas, quienes estaban encargados de aplicar la encuesta.

- **Resultados encuesta preferencias reveladas.** Con la aplicación de las encuestas piloto fue posible detectar elementos que podrían ocasionar un impacto no deseado en la investigación, es así como se hizo algunas modificaciones en el

formato original que se tenía de la encuesta. La encuesta definitiva se encuentra en el *anexo B*.

Por un lado, se agregaron dos preguntas al cuestionario relacionadas con el sexo y la edad del usuario debido a que estos factores son necesarios a la hora de analizar el modelo logit Multinomial y por esto se hacen importantes para la investigación.

Con respecto a la pregunta ¿Cuál es su modo de transporte habitual?, se cambió por “Además de uso del sistema BICITUNJA, ¿Cuál es su modo de transporte habitual?”

La pregunta “¿Por qué utiliza el servicio de préstamo de bicicletas BICITUNJA?”, las razones de gratuidad y ahorro de dinero se encuentran relacionados, es por esto que se decide dejarla como una única opción y no por separado.

La pregunta “¿Cuántas veces al día hace uso del sistema BICITUNJA?”, se decide asignarle otra opción “varias veces a la semana” ya que muchas personas manifestaban que no hacían uso del servicio todos los días y por ello no sabían qué opción elegir en la encuesta.

Con respecto a la evaluación de algunas condiciones del sistema con respecto al nivel de importancia, se decidió omitir la condición “comodidad” ya que los encuestados no interpretaban de manera adecuada a que se refería con esta condición.

Finalmente, teniendo en cuenta que al momento de realizar la prueba piloto algunas de las personas encuestadas tenían una opinión que dar, se agregó una pregunta abierta donde la persona daba su concepto frente al servicio del sistema.

**- Resultados encuestas preferencias declaradas.** La encuesta de preferencias declaradas permite estimar la elección de las personas entre el TPCU y BICITUNJA usando la herramienta de software Biogeme, la cual incorpora en su sistema de cálculo la posibilidad de estimar un modelo de tipo Logit Multinomial.

Se encuestaron 63 personas, y a cada persona se le mostraron 8 escenarios para elegir el modo de preferencia entre el transporte público colectivo urbano (TPCU) y el sistema de bicicletas públicas (SBP) de la ciudad de Tunja para obtener así un total de 504 decisiones.

Mediante un archivo base: “Modelo PG”, se establecieron los parámetros necesarios para obtener los 4 factores como se expone a continuación.

El modelo de utilidad utilizando es un modelo lineal de la forma:

$$\text{Alternativa } (i) = K_i + (C_{vi} \times \beta_{Ci}) + (T_{ei} \times \beta_{ei}) + (T_{vi} \times \beta_{vi})$$

Donde:

$K$  = Constante del modelo, que incluye las variables que no se tienen en cuenta  
 $\beta_{Ci}, \beta_{ei}, \beta_{vi}$  = Constante de costo, tiempo espera y tiempo de viaje.

$C_{vi}$  = Costo de viaje

$T_{ei}$  = Tiempo de espera

$T_{vi}$  = Tiempo de viaje

Una vez procesados los datos, el software generó el modelo Logit Multinomial, este modelo maximizó la utilidad para crear la función que mejor se ajustara a los escenarios propuestos estimando las constantes del modelo ( $K, \beta_{Ci}, \beta_{ei}, \beta_{vi}$ ) a partir de los datos procesados de las encuestas de preferencias declaradas aplicadas a 63 individuos.

Mediante los resultados expuestos, se demuestran las condiciones de los escenarios de donde resultan las siguientes funciones:

$$TPCU = 0 - 0.00151 * C_{TPCU} - 0.0767 * TE_{TPCU} - 0.0185 * TV_{TPCU}$$

$$SBP = 0.211 - 0.00151 * C_{SBP} - 0.00767 * TE_{SBP} - 0.0185 * TV_{SBP}$$

A continuación, se ilustran los resultados evaluados por el software en la *tabla 7*.

**Tabla 10.** Resumen resultado BIOGEME

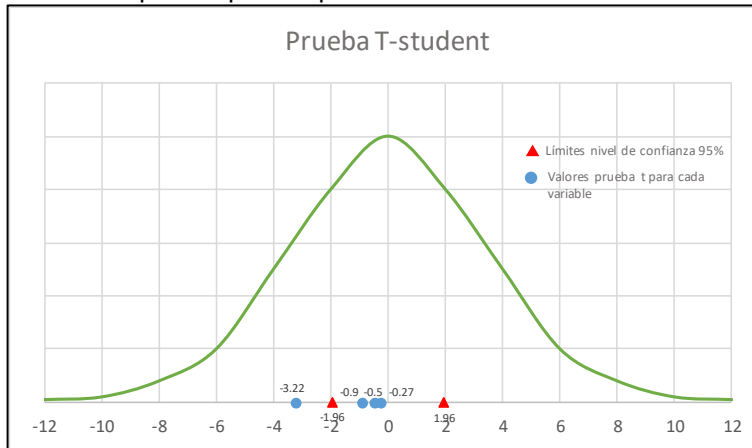
Parámetro	Valor	Prueba T-student
$\beta_C$	-0.00151	-3.22
$\beta_{TE}$	-0.0767	-0.90
$\beta_{TV}$	-0.0185	-0.50
K	-0.211	-0.27

**Fuente:** elaboración propia

En este caso es donde se evidencian los problemas que resultaron al aplicar la prueba piloto. Al observar los valores de la prueba t-student en la *gráfica 1*, se logró determinar cómo los usuarios perciben la diferencia para el costo del TPCU y el SBP ya que se encuentra fuera de los límites del valor crítico para un nivel de confianza del 95%. Caso contrario sucede con los tiempos de viaje y de espera ya que para el usuario los tiempos son datos marginales.



**Gráfica 1.** Prueba T-student para la prueba piloto



**Fuente:** elaboración propia

A partir de este análisis se determinó que para la encuesta definitiva se debían penalizar más los tiempos de espera y de viaje para que las personas sientan la diferencia entre estos y tomen una decisión para saber qué modo de transporte elegir.

Al momento de aplicar las encuestas, los usuarios no percibían de manera correcta la forma en la que se presentaban los escenarios, ya que se presentó el tiempo de viaje y el tiempo de espera por separado.

#### 4. CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS DEL SISTEMA BICITUNJA (ENCUESTA DEFINITIVA)

Este capítulo comprende la metodología que se tuvo en cuenta para la definición de la encuesta final. Con los respectivos resultados se establecen características de los usuarios y se plantean indicadores que determinan sus preferencias frente al sistema BICITUNJA

##### 4.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar ya que determina el grado de credibilidad que se concederá a los resultados obtenidos. El primer paso por seguir es delimitar la población, para este caso de estudio la población se considera finita ya que son los usuarios del Sistema de Bicicletas Públicas de Tunja (BICITUNJA)

Según Ortuzar, para este caso de estudio se hace uso de la siguiente expresión, teniendo en cuenta que la muestra que se desea estimar hace parte de las encuestas OD (Origen-Destino) en vía.

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

Donde:

$n$  = tamaño de la muestra

$N$  = tamaño de la población

$p$  = Proporción, se considera un valor constante de 0.5

$Z$  = Valor obtenido mediante niveles de confianza

$e$  = Límite aceptable de error muestral

Calculando el tamaño de la muestra de una población de 3088 usuarios con un nivel de confianza del 95 % se tiene:

$$N = 3088, p = 0.5, Z = 1.96, e = 5\%$$

$$n = \frac{0.5 \times (1 - 0.5)}{\left(\frac{0.05}{1.96}\right)^2 + \left(\frac{0.5(1 - 0.5)}{3088}\right)}$$
$$n = 342$$

Por lo tanto, tendremos una muestra de 342 usuarios de BICITUNJA a los cuales se les realizará la encuesta.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE SEXO Y EDAD DEL USUARIO

Teniendo en cuenta la base de datos de los inscritos del sistema, existe un total de 3088 usuarios, de los cuales se tiene información personal como el nombre, identificación, fecha de nacimiento, edad, sexo, municipio, dirección, correo y otros.

Por un lado, se presentan mayor cantidad de hombres que hacen uso del sistema con una representación del 63%, mientras que las mujeres comprenden el 37%. Este resultado es razonable se consideran los factores que influyen en la participación de la mujer en el ciclismo.

En América Latina, las mujeres representan un bajo porcentaje del uso de la bicicleta, razones que se atribuyen a factores individuales relacionados con las actitudes y preferencias y otros factores como sociales y físico - ambientales. Se definen dos factores que se consideran relevantes: el rechazo a la bicicleta debido a que la mujer evita cualquier modo que lo perciba riesgoso para su integridad y el uso de la bicicleta no supe las necesidades de su viaje debido a la incompatibilidad que presenta. Existen otros factores como: percepción de peligro debido a las condiciones del entorno de su viaje, expansión urbana (uso de medios motorizados), falta de habilidades para hacer buen uso de la bicicleta, prejuicios al ciclismo y acoso contra la mujer ciclista<sup>50</sup>. En la *tabla 11* se da a conocer la cantidad y el respectivo porcentaje de inscritos con base en el sexo.

**Tabla 11.** Usuarios inscritos al sistema según sexo

Sexo	Cantidad	Porcentaje
Masculino	1952	63%
Femenino	1136	37%
Total	3088	100%

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos del sistema BICITUNJA.

Los usuarios inscritos se encuentran entre los 15 y 94 años donde se establecieron rangos de edad para el debido análisis. A partir de esto se pudo evidenciar que la mayor cantidad de personas inscritas al sistema se encuentran entre los 19 y 26 años considerados como jóvenes y donde la edad más representativa fue la de 21 años. Con lo anterior se infiere que los jóvenes representan la población que se encuentra dispuesta a utilizar el sistema, ya que este usuario posee características propias que lo hacen elegir la bicicleta como medio de transporte. El porcentaje más bajo corresponde a las edades mayores a 61 años representando tan solo el 1%, como se expone en la *tabla 12*.

---

<sup>50</sup> ROJAS, Francisca y DÍAZ ROGRIGO. Mujeres y ciclismo urbano: promoviendo políticas inclusivas de movilidad en América Latina. Noviembre, 2017. p. 16.

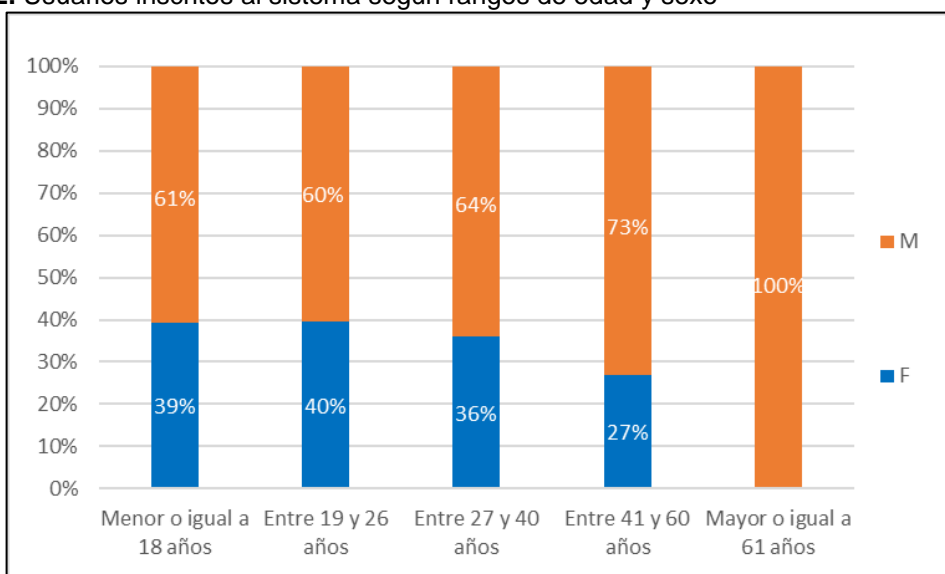
**Tabla 12.** Usuarios inscritos al sistema según sexo

Rangos de edad	Usuarios inscritos	
	Cantidad	Porcentaje
Menor o igual a 18 años	347	11%
Entre 19 y 26 años	1452	47%
Entre 27 y 40 años	907	29%
Entre 41 y 60 años	363	12%
Mayor o igual a 61 años	19	1%
<b>Total</b>	<b>3088</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos del sistema BICITUNJA.

Dentro de los rangos de edad se estima el porcentaje de mujeres y hombres que hacen parte de cada grupo, de esta manera se puede observar como el sexo masculino es el más predominante. El mayor porcentaje para el sexo femenino predomina entre las jóvenes de 19 y 26 años con un 40%.

**Gráfica 2.** Usuarios inscritos al sistema según rangos de edad y sexo



**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos del sistema BICITUNJA.

### 4.3 DISEÑO DEFINITIVO ENCUESTA PREFERENCIAS DECLARADAS

Mediante la implementación de la encuesta piloto se determinó la importancia de realizar algunos cambios a los tiempos de espera y de viaje para TPCU y para BICITUNJA. El modelo de presentación de los escenarios de la prueba piloto y la encuesta definitiva se dan a conocer en los anexos C y D respectivamente.

Como se mencionó en el capítulo anterior los valores de tiempo de viaje y de tiempo de espera se determinaron haciendo uso del sistema tomando en cuenta el tramo comprendido entre La plaza de Bolívar y los Hongos, para TPCU y para el SBP.



**Tabla 13.** Cambios en los tiempos de viaje y de espera

	PRUEBA PILOTO		ENCUESTA DEFINITIVA	
	TPCU	SBP	TPCU	SBP
Tiempo de viaje (min)	8	10	8	8
	13	15	15	18
Tiempo de espera (min)	4	1	6	1
	7	4	10	5

**Fuente:** elaboración propia

Se decidió penalizar más el tiempo de viaje y el tiempo de espera para ambos sistemas. Para el caso del TPCU el tiempo de viaje se aumentó de 13min a 15min y el tiempo de espera se aumentó de 4min a 6min y de 7min a 10min; Para el SBP el tiempo de viaje se aumentó de 15min a 18min y el tiempo de espera se aumentó de 4min a 5min, tal y como se expone en la *tabla 13*.

**Tabla 14.** Atributos y niveles para cada modo de transporte

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	NIVELES
	Tiempo de viaje	8 min
		15 min
	Tiempo de espera	6 min
		10 min
	Costo del viaje	COP 1600
COP 1700		
	Tiempo de viaje	8 min
		18 min
	Tiempo de espera	1 min
		5 min
	Costo del viaje	0
COP 800		

**Fuente:** elaboración propia

Para el caso del costo del viaje, ya que los usuarios percibieron la diferencia entre cada valor se dejaron las mismas tarifas utilizadas en la prueba piloto. En la *tabla 14* se dan a conocer los atributos (variables independientes) y los correspondientes valores de los niveles asignados para la encuesta definitiva.

**4.3.2 Aplicación de encuestas.** La realización de la toma de información por medio de encuestas se iba a ejecutar de manera presencial en cada una de las estaciones del sistema, ya que el día que se pensaba realizar dicho procedimiento el plan piloto terminaba, se optó por enviar las encuestas de manera virtual.

Teniendo en cuenta que los escenarios de la encuesta de preferencias declaradas fueron 16, se establece un límite máximo de 8 escenarios que se le presentan al usuario, teniendo así dos encuestas: B1-8 y B9-16 con esto se enviaron 1653

correos electrónicos con la primera encuesta, y 1435 con la segunda. El formato del correo enviado a cada usuario se presenta en la *figura 10*.

**Figura 10.** Formato correos enviados



**Fuente:** elaboración propia

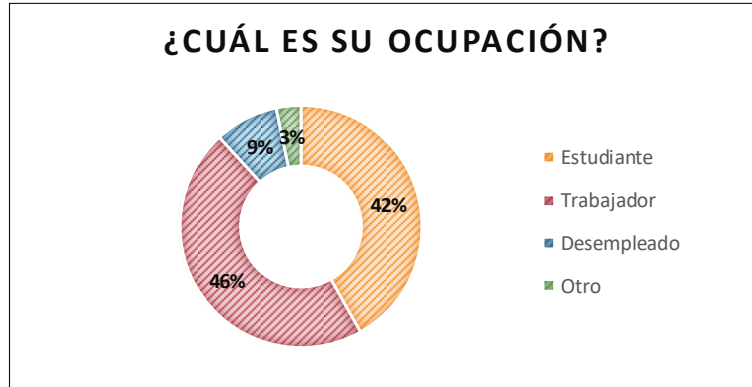
A pesar de que algunos correos no fueron escritos adecuadamente por lo que la encuesta no se logró enviar, se obtuvieron en total 483 respuestas, sobrepasando así en 141 el tamaño muestral.

#### **4.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS “PREGUNTAS DE TIPO PREFERENCIAS REVELADAS”**

Se indagó acerca del género del individuo, edad de acuerdo a unos rangos establecidos, ocupación, grado de satisfacción en cuanto al servicio que ofrece BICITUNJA, modo de transporte habitual, razones por las cuales hace uso del sistema BICITUNJA, cantidad de veces que hace uso del sistema, la frecuencia con la que haría uso del sistema en el caso de la existencia de otras estaciones de préstamo, el grado de importancia de algunas condiciones del sistema y finalmente se anexa una pregunta abierta para que él usuario describa sus opiniones frente al servicio. A continuación, se dan a conocer los resultados y análisis de las respectivas preguntas.

Con respecto a la ocupación, el 46% de los usuarios trabajan y el 42% son estudiantes. Solo el 8% aseguran estar en condición de desempleo. Los estudiantes y los trabajadores son los actores más representativos abarcando el 88% de los encuestados. Esta situación se da a conocer en la *gráfica 3*.

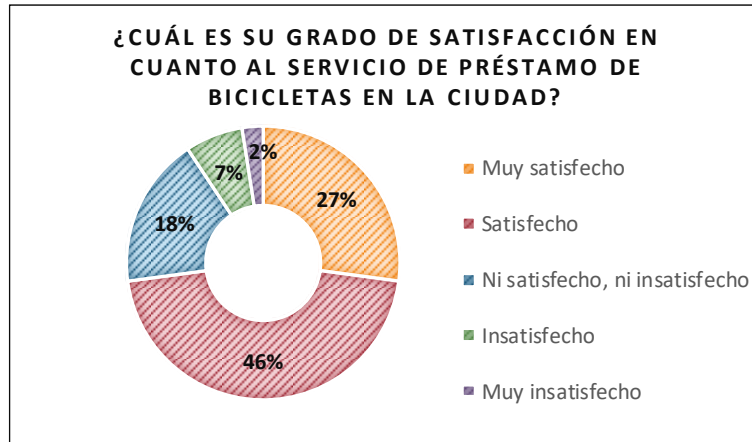
**Gráfica 3.** Ocupación del usuario



**Fuente:** elaboración propia

Los usuarios se encuentran satisfechos con el servicio que presta BICITUNJA, la proporción de usuarios que se encuentran en este grado de satisfacción es del 46%, es decir, que representa aproximadamente la mitad de los encuestados. Por otro lado, el 27% se encuentran muy satisfechos. Estos datos reflejan el éxito que ha tenido el sistema y reconoce la buena acogida que ha tenido ante los habitantes de la ciudad. El 9% consideran que se encuentran insatisfechos y muy insatisfechos con el servicio que brinda el sistema. En la *gráfica 4* se evidencia la evaluación del grado de satisfacción de los usuarios frente al sistema.

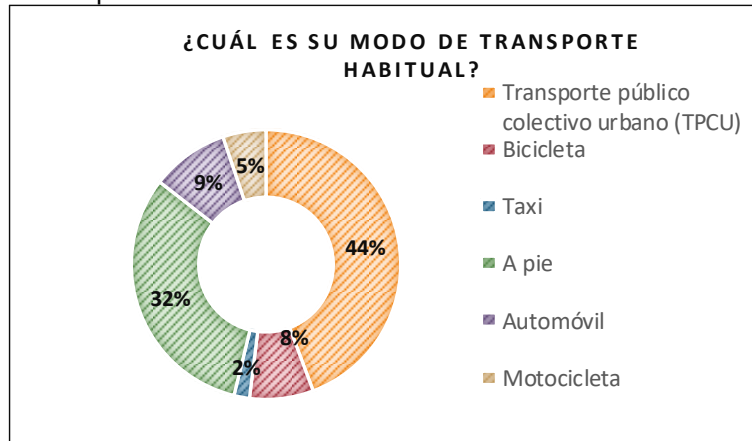
**Gráfica 4.** Grado de satisfacción del usuario frente al sistema.



**Fuente:** elaboración propia

En cuanto al modo de transporte habitual, el más utilizado por los usuarios encuestados es el Transporte Público colectivo Urbano (TPCU) que corresponde al 44 %, el modo a pie también se considera como un modo predominante ya que representa el 32%. Es así como el taxi, a pesar de ser un modo de transporte cómodo, los usuarios no lo toman en cuenta para sus desplazamientos cotidianos debido al alto costo que tiene la tarifa.

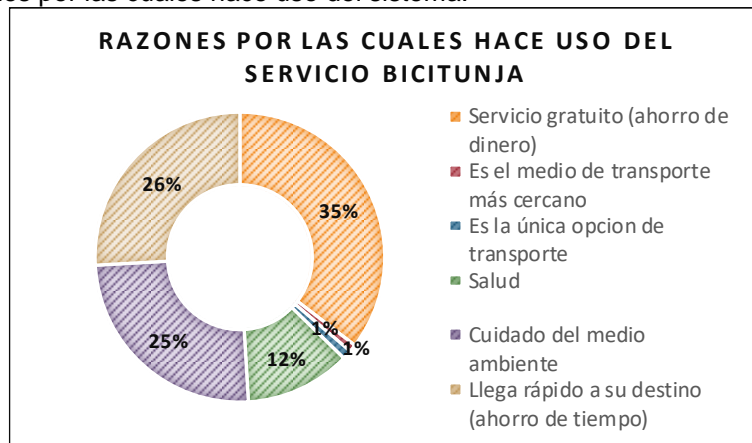
**Gráfica 5.** Modo de transporte habitual del usuario



**Fuente:** elaboración propia

La razón que predomina en el usuario a la hora de elegir el sistema BICITUNJA como modo de transporte es el ahorro de dinero, el cual representa el 35 %. Con esto, se infiere que los usuarios al hacer uso del sistema evitan los gastos que generarían al utilizar otros medios de transporte para movilizarse a su trabajo o lugar de estudio. El hecho de que el servicio sea gratuito se puede considerar como una de las condiciones predominantes del sistema que permitan a futuro incentivar a más personas para que usen la bicicleta como medio de transporte. El 26 % de los usuarios afirman que la bicicleta permite llegar más rápido a su destino obteniendo un ahorro de tiempo en su desplazamiento. Solo el 2% de los encuestados indican que BICITUNJA es la única opción de transporte y es el medio más cercano. En la *gráfica 6* se muestra los motivos de uso del sistema.

**Gráfica 6.** Razones por las cuales hace uso del sistema.



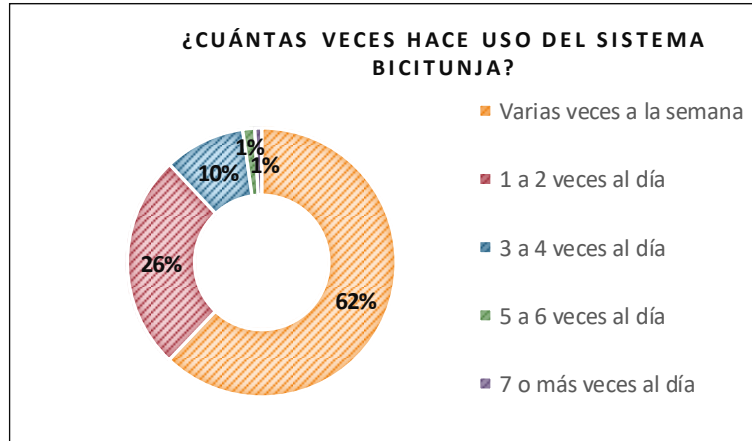
**Fuente:** elaboración propia

La *gráfica 7* indica las veces que utiliza el usuario el sistema. Por un lado, los usuarios afirman usar el servicio varias veces a la semana con un porcentaje del 62%. Tan solo el 1% lo utilizan 7 o más veces al día. Este resultado infiere que las



personas no necesariamente hacen uso del sistema diariamente, pero que lo hacen con frecuencia.

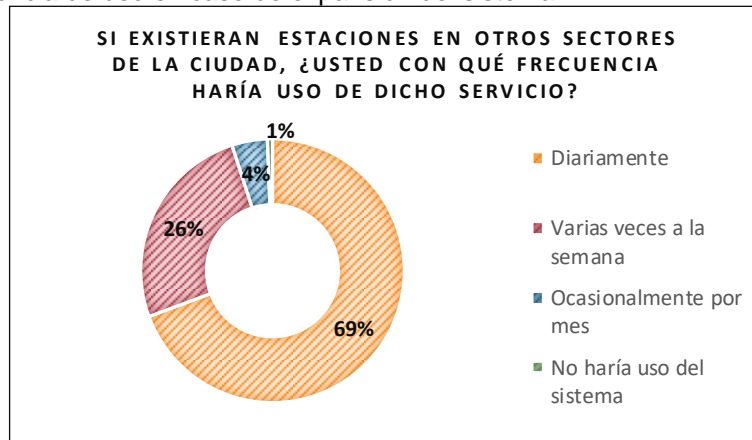
**Gráfica 7.** Frecuencia de uso del sistema



**Fuente:** elaboración propia

El 69% de los usuarios afirman utilizar el servicio de BICITUNJA diariamente en el caso de que se ampliara la cobertura a otros sectores. Por otro lado, el 26% lo utilizarían varias veces a la semana y solamente el 1% no lo utilizarían. Estos indicadores reflejan la potencialidad del sistema en un futuro si se hace la adecuada gestión y planeación para lograr la expansión del sistema hacia otros puntos de la ciudad. Esta situación se evidencia en la *gráfica 8*.

**Gráfica 8.** Frecuencia de uso en caso de expansión del sistema



**Fuente:** elaboración propia

La pregunta del grado de importancia frente a la percepción de los usuarios con respecto a ciertas condiciones del sistema, el usuario las evaluó en una escala de 1 a 5, donde el 5 se interpretaba como el más importante y el 1 como el menos importante. Observando esta condición, se estimaron los promedios ponderados de los datos, representados en un gráfico de tipo radial para identificar con mayor

claridad el análisis. El promedio ponderado consistió en obtener los porcentajes en cada situación y multiplicarlos por el valor de la escala respectivo. Estos datos se dan a conocer en la *tabla 15*. Este indicador permitió reconocer aquellas condiciones que son altamente relevantes para los usuarios a la hora de hacer uso del sistema.

**Tabla 15.** Promedio ponderado para cada condición

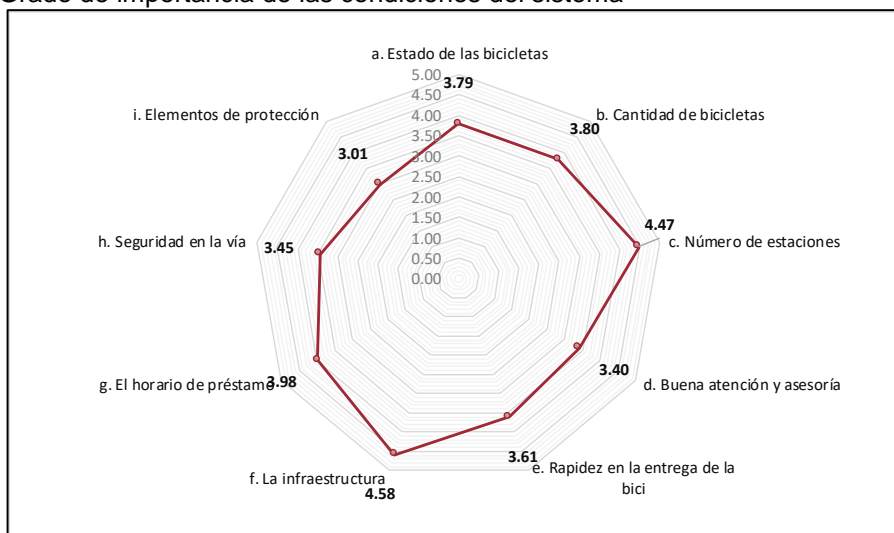
CONDICIÓN / ESCALA DE EVALUACIÓN	1	2	3	4	5	PP
a. Estado de las bicicletas	3.5%	11.8%	23.0%	25.7%	36.0%	3.79
b. Cantidad de bicicletas	6.2%	10.4%	19.7%	24.6%	39.1%	3.80
c. Número de estaciones para el préstamo	2.3%	5.8%	7.7%	11.4%	72.9%	4.47
d. Buena atención y asesoría por parte de los operarios	10.4%	15.7%	22.4%	27.1%	24.4%	3.40
e. Rapidez al momento de solicitar la bicicleta	7.2%	11.6%	23.6%	27.7%	29.8%	3.61
f. La infraestructura (cicloruta, etc)	2.7%	4.8%	3.9%	8.7%	79.9%	4.58
g. El horario de préstamo	9.5%	8.1%	11.2%	17.2%	54.0%	3.98
h. Seguridad en la vía	11.6%	16.1%	13.5%	33.1%	25.7%	3.45
i. Elementos de protección personal	17.0%	23.0%	22.4%	17.8%	19.9%	3.01

**Fuente:** elaboración propia

En la tabla anterior se evidencia que las condiciones que se disponen para la evaluación son importantes, el promedio ponderado en cada caso se encuentra sobre la escala 3, situación que demuestra la influencia que presentan las condiciones analizadas en los usuarios al momento de elegir el sistema de bicicletas como modo de transporte. Este análisis es fundamental para definir estrategias que contribuyan al mejoramiento del sistema.

Para indicar de manera adecuada el promedio ponderado de cada una las condiciones, se dispone de un gráfico de tipo radial, donde se puede denotar con detalle el grado de importancia que adquieren las condiciones puestas en análisis.

**Gráfica 9.** Grado de importancia de las condiciones del sistema



**Fuente:** elaboración propia

La infraestructura es la que posee mayor grado de importancia, las personas consideran que la adecuación de vías para el tránsito de las bicicletas se requiere para garantizar que el usuario se sienta seguro y cómodo. Por otro lado, el número de estaciones se reconoce como el segundo más importante y sí que lo es, esta condición permite que entre más existan centros de préstamo, los usuarios harán uso del sistema con mayor frecuencia. La ampliación de la infraestructura y de los puntos de préstamo permitirá que más personas se interesen en emplear el servicio de BICITUNJA para movilizarse en la ciudad.

El horario de préstamo también es uno de los factores que no se queda atrás, las personas consideran que el horario es relevante, es un factor que garantiza que el servicio se preste en las horas de mayor demanda, brindando la posibilidad al usuario de movilizarse en el sistema cuando este lo requiera.

En cuanto a las bicicletas, estas son indispensables para el buen funcionamiento del sistema tanto la cantidad como el estado de estas. Entre más cantidad de bicicletas se pongan al servicio del usuario y se encuentran en un estado apropiado, se garantiza la comodidad de los usuarios y la seguridad.

La rapidez al momento de solicitar la bicicleta también se considera importante ya que evita que el usuario pierda tiempo en dicho proceso. Esto viene de la mano con la colaboración que el personal debe ofrecer a las personas y la eficacia del sistema al momento de que el usuario ingrese los datos para acceder al servicio.

La buena atención por parte de los operarios es importante ya que el usuario debe sentirse a gusto con el servicio. La adecuada asesoría del personal contribuye a que el individuo haga buen uso de las bicicletas. A pesar de que la atención es importante para el usuario, esta no determina del todo que la persona haga uso del sistema con más o menos frecuencia, probablemente sienta inconformismo con la inadecuada atención del personal, pero si el individuo siente satisfacción y se ve beneficiado con las bicicletas, la seguirá usando siempre y cuando se le ofrezcan condiciones apropiadas.

Los elementos de protección personal es la condición con el menor grado de importancia para los usuarios, posiblemente este se considere como un factor que no afecta significativamente que el usuario haga o no haga uso del sistema. Cabe aclarar que las personas no suelen hacer uso de sus elementos de protección por incomodidad o porque no lo consideran del todo necesario, pero a pesar de esto, el sistema debe velar por la seguridad e integridad de las personas. Además, existen otros factores como el vandalismo que impiden al sistema brindar al usuario elementos como el casco y otros.

#### **4.5 ANÁLISIS COMENTARIOS BICIUSUARIOS**

En la parte final de la encuesta, el usuario tenía la opción de opinar acerca del sistema y mediante esta información se logró identificar las informidades,

necesidades y beneficios que percibe el individuo. Por otra parte, se logró reconocer qué componentes del sistema son considerados como los más llamativos y aquellos que por su importancia requieren mayor atención.

La información obtenida de los comentarios se analizó teniendo en cuenta las palabras que con mayor frecuencia daban a conocer las personas. Partiendo de esto, se elaboró una nube de palabras que permite visualizar las respuestas de manera sencilla y comprensible, donde las palabras más grandes son interpretadas como aquellas condiciones que requieren mayor interés, es decir, que el tamaño determina qué tan importante son para el usuario.

Figura 11. Nube de palabras



Fuente: elaboración propia

### Infraestructura

- Es necesaria la adecuación de vías exclusivas para la bicicleta.
- Ampliación de rutas en toda la ciudad
- Es importante la ampliación de rutas a lo largo de todas las universidades de la ciudad ya que por ejemplo la UPTC moviliza a al menos 30000 estudiantes al día.
- La ciclobanda que se ubicó en el bosque de la república es muy improvisada, poco útiles y nada agradables para la imagen del sector.
- El pavimento se encuentra en un pésimo estado igual que las demarcaciones.

### Estaciones

- Expansión del sistema a otras zonas de la ciudad, lo que se traduce en más estaciones de préstamo. Con mayor cobertura, se lograría atraer más usuarios y de esta manera se incentiva el uso de la bicicleta como medio de transporte.
- La implementación debe adecuarse de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Lo ideal sería localizar estaciones hacia el centro de la ciudad para garantizar conectividad en las zonas Norte – Centro – Sur.

- Implementación de estaciones en Instituciones educativas como colegios y universidades como la UPTC, ya que favorecería a muchos jóvenes. O estaciones cercanas a estos lugares.
- Adecuar de igual manera estaciones en las Nieves, glorieta Norte, en las zonas que comprenden la intersección Toyota y otras

### **Costo**

- Considerar el cobro del sistema no sería pertinente ya que en el resto del país el servicio es gratuito.
- El costo de \$800 es elevado para el sistema, se preferiría aumentar \$800 más y utilizar el TPCU.
- Si el sistema funcionara en condiciones óptimas de calidad el usuario estaría dispuesto a pagar alguna tarifa.

## **4.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS “PREGUNTAS DE TIPO PREFERENCIAS DECLARADAS”**

La encuesta de preferencias declaradas permite estimar la elección de las personas entre el TPCU y BICITUNJA usando la herramienta de software BIOGEME, la cual incorpora en su sistema de cálculo la posibilidad de estimar un modelo de tipo Logit Multinomial.

Se encuestaron 483 personas, y a cada persona se le presentaron 8 escenarios para elegir el modo de preferencia entre el transporte público colectivo urbano (TPCU) y el sistema de bicicletas públicas (SBP) de la ciudad de Tunja para obtener así un total de 3864 decisiones.

El modelo de utilidad utilizando es un modelo lineal de la forma:

$$\text{Alternativa } (i) = K_i + (C_{vi} \times \beta_{Ci}) + (T_{ei} \times \beta_{ei}) + (T_{vi} \times \beta_{vi})$$

*Donde:*

*K = Constante del modelo, que incluye las variables que no se tienen en cuenta*

*$\beta_{Ci}, \beta_{ei}, \beta_{vi}$  = Constante de costo, tiempo espera y tiempo de viaje.*

*$C_{vi}$  = Costo de viaje*

*$T_{ei}$  = Tiempo de espera*

*$T_{vi}$  = Tiempo de viaje*

Una vez procesados los datos, el software evaluó el modelo Logit Multinomial, este modelo maximizó la utilidad para crear la función que mejor se ajustara a los escenarios propuestos estimando las constantes del modelo ( $K, \beta_{Ci}, \beta_{ei}, \beta_{vi}$ ) a partir de los datos procesados de las encuestas de preferencias declaradas

aplicadas a 483 individuos. Los resultados arrojados por el software se presentan a continuación en la *tabla 16*.

**Tabla 16.** Resumen resultado BIOGEME (Modelo inicial)

Parámetro	Valor	Prueba T-student
$\beta_C$	-0.0019	-11.3
$\beta_{TE}$	-0.138	-5.97
$\beta_{TV}$	-0.0712	-6.72
K	-1.11	-3.8

**Fuente:** elaboración propia

Mediante los resultados expuestos, se demuestran las condiciones de los escenarios de donde resultan las siguientes funciones:

$$TPCU = 0 - 0.0019 * C_{TPCU} - 0.138 * TE_{TPCU} - 0.0712 * TV_{TPCU}$$

$$SBP = -1.11 - 0.0019 * C_{SBP} - 0.138 * TE_{SBP} - 0.0712 * TV_{SBP}$$

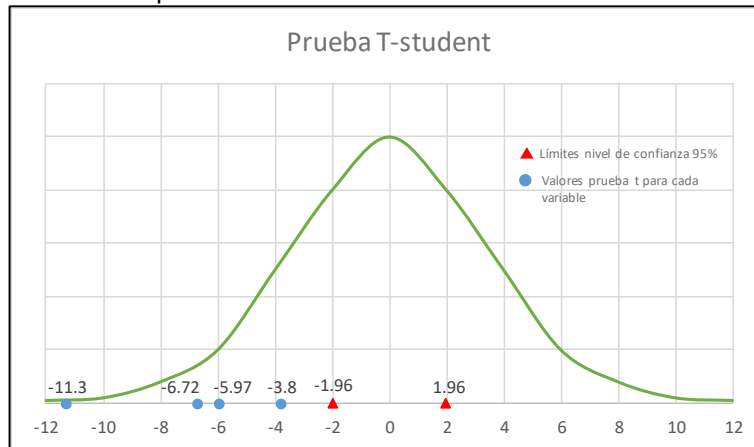
Con base en los resultados expuestos en la tabla 12 se determinó que para el usuario es más atractivo usar el TPCU que el SBP. Las hipótesis que se utilizarán para este estudio son las siguientes:

**Hipótesis nula (Ho):** Significativamente todos los usuarios responden diferente frente a los diferentes escenarios presentados.

**Hipótesis aceptada (Ha):** Las personas no perciben la diferencia entre el valor del tiempo y el costo, por esta razón el tiempo no vale.

Al realizar la prueba t-student con un nivel de confianza del 95% que se expone a continuación, se determinó como los usuarios perciben de manera diferente todos los escenarios presentados, ya que los datos se ubican en la zona de aceptación.

**Gráfica 10.** Prueba T-student para el modelo básico



**Fuente:** elaboración propia

Después de que fueron estimadas las constantes del modelo y de la verificación de la independencia de variación entre las tres variables analizadas, se procedió a estimar la función de utilidad para cada una de las alternativas con base a la ecuación (1) y además de esto se estimó la probabilidad de selección del sistema con base en las expresiones que se encuentran a continuación:

$$Utilidad\ TPCU = 0 - 0.0019 \times C_{TPCU} - 0.138 \times TE_{TPCU} - 0.0712 \times TV_{TPCU}$$

$$Utilidad\ SBP = -1.11 - 0.0019 \times C_{SBP} - 0.138 \times TE_{SBP} - 0.0712 \times TV_{SBP}$$

Entonces:

$$Probabilidad\ de\ Alternativa\ (i) = \frac{e^{f(utalidad\ i)}}{e^{f(utalidad\ i)} + e^{f(utalidad\ j)}}$$

Donde:

$f(utalidad\ i)$  = Funcion de utilidad de una de las alternativas

$f(utalidad\ j)$  = Funcion de utilidad de la alternativa en competencia

$$Probabilidad\ de\ Alternativa\ (TPCU) = 6.8\%$$

$$Probabilidad\ de\ Alternativa\ (SBP) = 93.2\%$$

Finalmente, se procedió a estimar el coste subjetivo del tiempo, es decir la disposición a pagar por parte del usuario la reducción del tiempo de espera y de viaje en un minuto para las condiciones en las cuales se realizó el presente estudio, de la siguiente manera:

$$Coste\ subjetivo\ del\ tiempo\ (\$/min) = \frac{\beta T}{\beta C}$$

Entonces:

$$Coste\ subjetivo\ del\ tiempo\ (Tv) = 37.47\ \$/min$$

$$Coste\ subjetivo\ del\ tiempo\ (Te) = 72.63\ \$/min$$

Cada persona está dispuesta a pagar \$37.47 y \$72.63 por mejorar un minuto de su tiempo.

- **Análisis añadiendo variables.** Una vez procesados los datos añadiendo las variables de Edad, Sexo y Ocupación, el software evaluó el modelo Logit Multinomial que se expone a continuación, este modelo maximizó la utilidad para

crear la función que mejor se ajustara a los escenarios propuestos estimando las constantes de este ( $K, \beta_{Ci}, \beta_{ei}, \beta_{vi}, \beta_{Ed}, \beta_{Ocu}, \beta_{Sex}$ )

$$SBP = Asc2 \times One + BetaC \times Costo_{V2} + Beta_{TV} \times Tiempo_{V2} + BetaTe \times Tiempo\_Esp2$$

$$TPCU = Asc1 \times One + BetaC \times Costo_{V1} + Beta_{TV} \times Tiempo_{V1} + BetaTe \times Tiempo\_Esp1 + BetaEdad \times Edad + Beta_{Sex} \times Sexo + BetaOcupa \times Ocupación$$

A partir de los datos procesados de las encuestas de preferencias declaradas. Los resultados arrojados por el software se presentan a continuación.

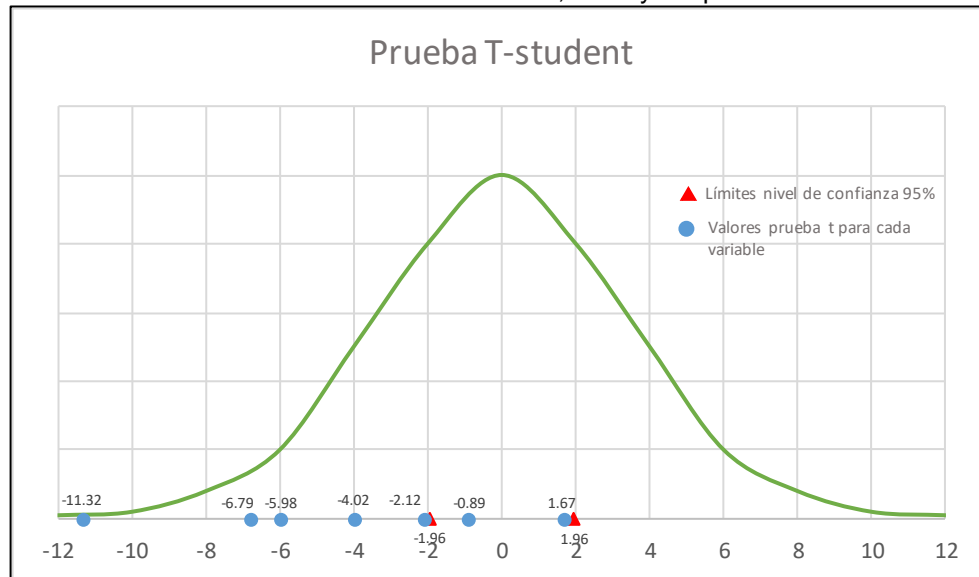
**Tabla 17.** Resumen resultado BIOGEME (Edad, sexo, ocupación)

Parámetro	Valor	Prueba T-student
$\beta_C$	-0.0019	-11.3
$\beta_{Te}$	-0.139	-5.98
$\beta_{Tv}$	-0.0726	-6.79
$\beta_{Edad}$	-0.0971	-0.89
$\beta_{Ocupa}$	-0.23	-2.12
$\beta_{Sex}$	0.158	1.67
K	-1.2	-3.8

**Fuente:** elaboración propia

Al realizar la prueba t-student con un nivel de confianza del 95% que se expone a continuación, se determinó como al añadir las variables, la edad y el sexo se ubican fuera de la zona de aceptación, determinando así que la ocupación es la única variable que influye en la toma de decisión de cuál de los dos sistemas elegir.

**Gráfica 11.** Prueba T-student teniendo en cuenta sexo, edad y ocupación.



**Fuente:** elaboración propia



Ya que el modelo presentado anteriormente no cumple a cabalidad con cada variable, se decide evaluar nuevamente el modelo teniendo en cuenta tan solo la variable de ocupación.

- **Análisis añadiendo variable ocupación.** Una vez procesados los datos añadiendo las variables de Ocupación, el software evaluó el modelo Logit Multinomial que se expone en la *figura 20*, este modelo maximizó la utilidad para crear la función que mejor se ajustara a los escenarios propuestos estimando las constantes de este ( $K, \beta Ci, \beta ei, \beta vi, \beta Ocu$ ).

$$SBP = Asc2 \times One + BetaC \times Costo_{V2} + Beta_{TV} \times Tiempo_{V2} + BetaTe \times Tiempo_{Esp2}$$

$$TPCU = Asc1 \times One + BetaC \times Costo_{V1} + Beta_{TV} \times Tiempo_{V1} + BetaTe \times Tiempo_{Esp1} + BetaOcupa \times Ocupación$$

A partir de los datos procesados de las encuestas de preferencias declaradas. Los resultados arrojados por el software se presentan a continuación.

**Tabla 18.** Resumen resultado BIOGEME (Ocupación)

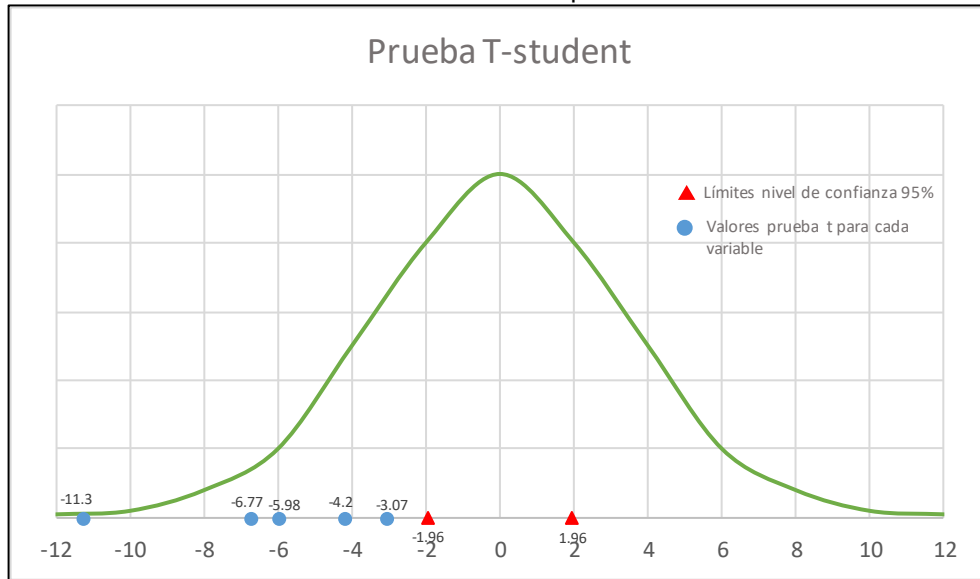
Parámetro	Valor	Prueba T-student
$\beta C$	-0.0019	-11.3
$\beta TE$	-0.138	-5.98
$\beta Tv$	-0.0721	-6.77
$\beta Ocupa$	-0.285	-3.07
K	-1.24	-4.2

**Fuente:** elaboración propia

Los resultados que muestra el software nos indican como al evaluar el modelo inicial tan solo añadiendo la variable de ocupación, este resultado es más significativo que al evaluar el modelo con las 3 variables ya que en este último el valor de la prueba t-student era de -2.12 y ahora es de -3.07.

Al realizar la prueba t-student con un nivel de confianza del 95% que se expone a continuación, se determinó como al añadir la variable de ocupación todas las variables se ubican dentro de la zona de aceptación.

**Gráfica 12.** Prueba T-student teniendo en cuenta la ocupación.



**Fuente:** elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos con este modelo, se establece como la mayor atracción de personas hacia el SBP BICITUNJA son las personas que no se definen como trabajadores (estudiantes, desempleados, otros), que corresponden al 54% de la población encuestada.

## 5. ZONAS DE MAYOR CONCENTRACIÓN POR USO DEL SISTEMA A PARTIR DE ARCGIS

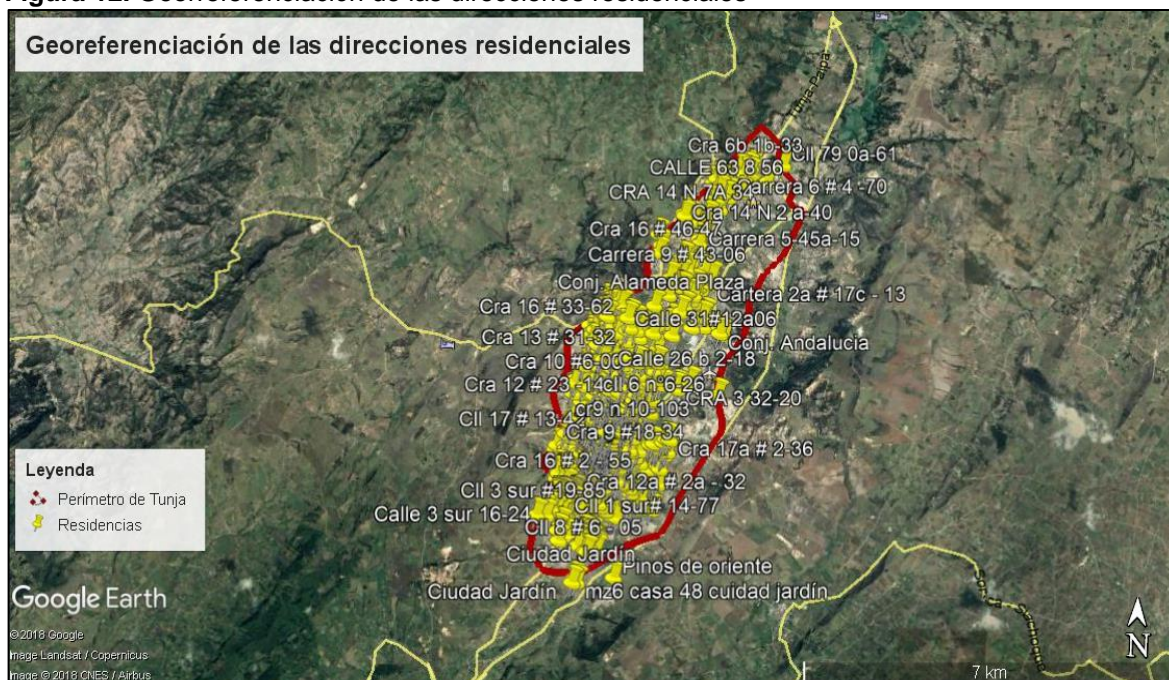
Este capítulo comprende la georeferenciación de las residencias de los usuarios del sistema BICITUNJA. La base de datos que comprende la información de las direcciones fue suministrada por la entidad encargada de la operación del sistema. Es así como se logró identificar el área de mayor concentración mediante el uso del software ArcGIS.

### 5.1 METODOLOGÍA

A continuación se enuncia el procedimiento que se tuvo en cuenta para obtener el análisis de los sectores de la ciudad que han sido beneficiados por el sistema de bicicletas públicas.

- **Georreferenciación de los datos de los usuarios.** Como primera medida se inició con la localización de las direcciones residenciales de los usuarios que han hecho uso del sistema, donde en total se ubicaron 1129. Este procedimiento se llevó a cabo mediante la utilización de GOOGLE EARTH PRO. La información referenciada se guarda con extensión KMZ O KML.

**Figura 12.** Georreferenciación de las direcciones residenciales

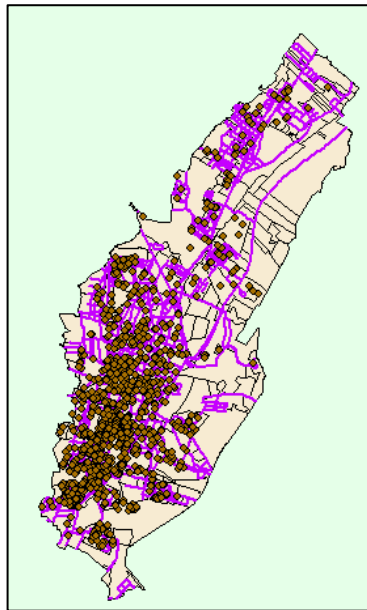


**Fuente:** elaboración propia a partir de Google Earth [fecha de imagen 01/02/2015]

- **Importar los datos a ARCGIS.** Con la herramienta *KML To Layer* fue posible convertir los datos de formato KML O KMZ a una shape, de esta manera se tenían los puntos en la interfaz del software.

En la *figura 13* se exponen las siguientes capas: Departamento de Boyacá, barrios y malla vial de la ciudad denominadas *Departamento\_boyaca\_WGS\_84*, *perimetro\_Urba\_Tunja\_WGS\_84* y *Malla\_Vial\_Tunja\_WGS\_84* respectivamente Debido a que las capas se encontraban en coordenadas geográficas, se realizó la proyección a coordenadas planas MAGNA\_ciudad\_bogotá con el fin de facilitar el tratamiento de los datos. Esta proyección se hizo a partir de la herramienta *Project*.

**Figura 13.** Capas importadas a la interfaz de ArcGIS



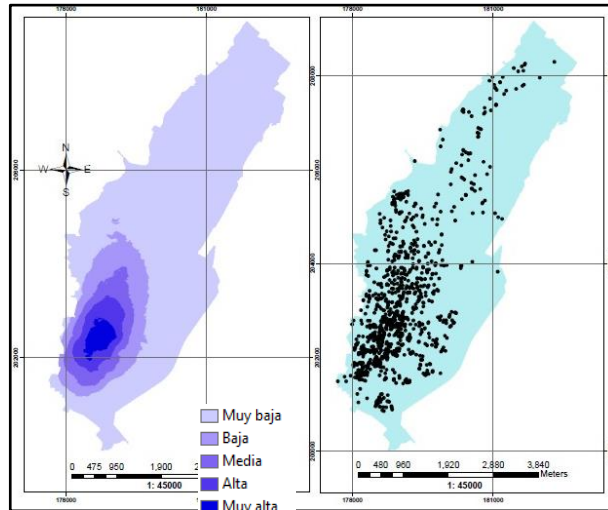
**Fuente:** elaboración propia a partir de CERQUERA, Flor Ángela.

- **Herramienta de densidad.** Con el fin de analizar la concentración de las direcciones referenciadas, se utilizó la herramienta de densidad de punto *Point density*, la cual “calcula una magnitud por unidad de área desde entidades de puntos que se encuentran dentro de una vecindad alrededor de cada celda”<sup>51</sup>. Finalmente se genera un mapa de densidad que permite identificar las zonas de la ciudad donde se concentra las residencias de los usuarios del sistema. Es así como se puede diferenciar que el color más oscuro representa alta concentración y el más claro baja concentración.

---

<sup>51</sup> ARCGIS FOR DESKTOP. Densidad de punto [en línea]. [citado el 27 de junio de 2018] disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/point-density.htm>

**Figura 14.** Mapa de densidad

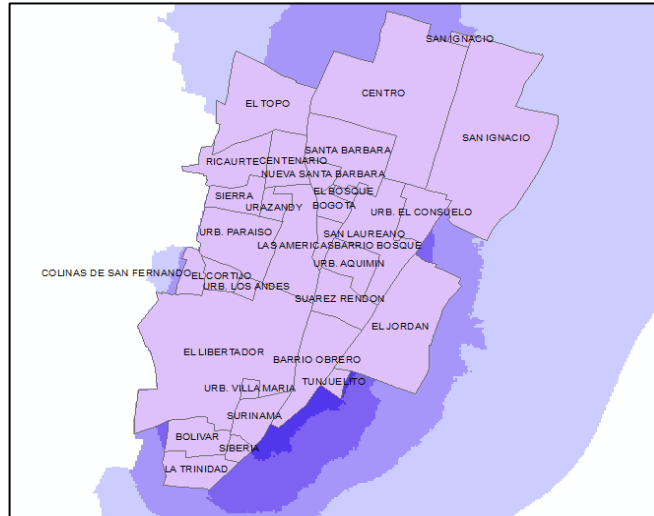


**Fuente:** elaboración propia a partir de CERQUERA, Flor Ángela.

- **Herramienta *marge* y *intersect*.** Para proceder a realizar el análisis con base a la división de los barrios se tuvo en cuenta el mapa de densidad. La shape de barrios comprende un total de 234 datos, lo que implica tener en cuenta cada uno de estos datos con el mayor detalle. Para facilitar el respectivo análisis, se crearon shape de barrios donde existiera mayor densidad o concentración de las residencias, lo cual es posible reconocer en el mapa de densidades. Este procedimiento consistió en seleccionar cada barrio y sobre la shape *perimetro\_Urba\_Tunja\_WGS\_84* se exporta la shape con la opción *Export data*.

Posterior a ello, la herramienta *marge* permitió unir los atributos de las shapes creadas anteriormente con el fin de generar una sola shape. Esta se denominó *Marge\_barrios* y comprende 30 barrios con sus respectivas características. Para identificar los barrios que comprenden mayor cantidad de residencias se hace uso de esta herramienta *Intersect*, es decir, que para los 30 barrios se procede a hacer uso de esta herramienta.

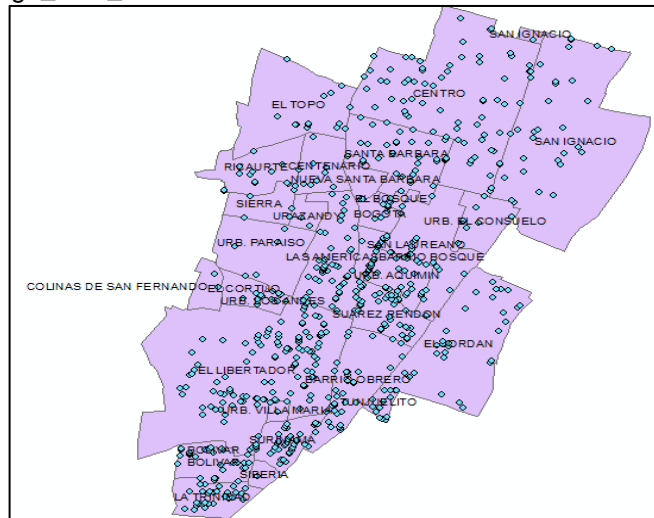
**Figura 15.** Shape barrios de análisis



**Fuente:** elaboración propia a partir de CERQUERA, Flor Ángela.

Finalmente, con las shape creadas, se crea solo una de estas con el fin de que la shape definitiva comprenda las residencias y los datos de los barrios. Esta capa se denominó *Marge\_inter\_barrios* y comprende 711 datos. En la *figura 16* se observa los barrios de análisis y la respectiva concentración de las residencias. En la *tabla 19* se da a conocer el vector o tabla de atributos que contiene las direcciones residenciales y el barrio en el cual se encuentra comprendido, además se muestran las características de área y perímetro de cada uno de los barrios.

**Figura 16.** Shape *Marge\_inter\_barrios*



**Fuente:** elaboración propia a partir de CERQUERA, Flor Ángela.

**Tabla 19.** Atributos de la shape Marge\_inter\_barrios

Name	NOMB_BARR	Shape_Leng	Shape_Area	Zona_Homo	X	Y
CII 5a # 7 - 33	TUNJUELITO	518.389553	14948.382051	ZONA H18	1078903	1102060
Cra 7a # 5b - 21	TUNJUELITO	518.389553	14948.382051	ZONA H18	1078903	1102060
CII 5b # 7 - 48	TUNJUELITO	518.389553	14948.382051	ZONA H18	1078903	1102060
CII 5b # 7 - 47	TUNJUELITO	518.389553	14948.382051	ZONA H18	1078903	1102060
CII 6 # 7 - 26	TUNJUELITO	518.389553	14948.382051	ZONA H18	1078903	1102060
Cra 5 # 6 - 23	EL JORDAN	2264.201383	256236.199735	ZONA H18	1079249	1102377
CII 5b # 6 - 69	EL JORDAN	2264.201383	256236.199735	ZONA H18	1079249	1102377
Cra 6 # 6-05	EL JORDAN	2264.201383	256236.199735	ZONA H18	1079249	1102377
CII 7 # 6-07	EL JORDAN	2264.201383	256236.199735	ZONA H18	1079249	1102377
CII 75 #6-36	EL JORDAN	2264.201383	256236.199735	ZONA H18	1079249	1102377
CII 8 sur #5 - 20	EL JORDAN	2264.201383	256236.199735	ZONA H18	1079249	1102377

**Fuente:** elaboración propia

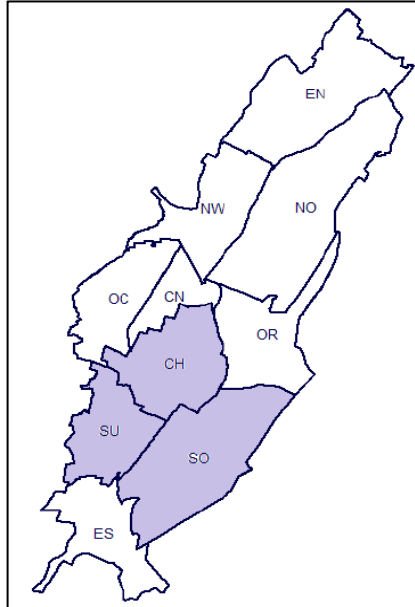
## 5.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS

El correspondiente análisis se realiza con base en las macrozonas y barrios en las que se encuentra subdividida la ciudad de Tunja.

- **Análisis de densidad con base a las macrozonas.** La ciudad de Tunja se encuentra dividida en 10 macrozonas: Centro histórico (CH), Centro Norte (CN), Nororiental (NO), Noroccidental (NW), extremo Norte (EN), Oriental (OR), Suroriental (SO), Occidental (OC), Sur (SU) Y extremo Sur (ES). Según esta información, parte de las zonas correspondientes al CH, SU y SO presentan mayor densidad en algunos sectores como se muestra en la *figura 17*, siendo la zona Sur las más beneficiada del proyecto por la alta concentración de usuarios, resultado que era de esperarse debido a la cercanía del sistema con la zona Centro - Sur.

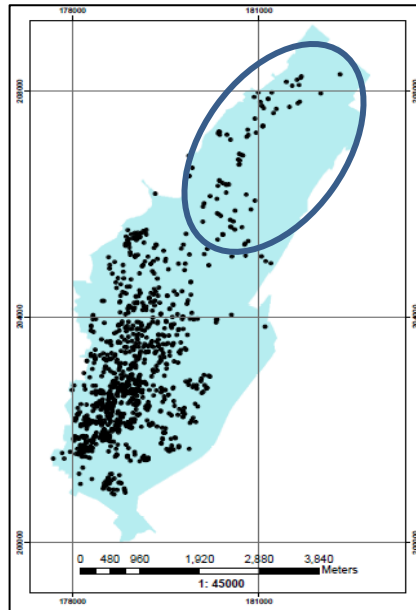
Por otro lado, no puede desconocerse el hecho de que existe un volumen importante de usuarios al Norte de la ciudad, evidenciando la potencialidad del sistema en el caso de disponer de otros puntos de préstamo en estos sectores de la ciudad.

**Figura 17.** Macrozonas de mayor densidad



**Fuente:** ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA Y UPTC [Imagen]. informe C1. Caracterización de la movilidad. p. 72

**Figura 18.** Usuarios en la zona Norte



**Fuente:** elaboración propia

**- Análisis de densidad con base a los barrios.** Se tuvo en cuenta 30 barrios para el respectivo análisis, pero se seleccionaron 10 de ellos debido a que representaban mayor concentración de residencias. Por un lado, el barrio Libertadores presentó la mayor cantidad de usuarios registrados en el sistema, el sector del Centro y Las Américas también poseen una considerable cantidad de usuarios. En la *tabla 20* se



dan a conocer los barrios con mayores usuarios inscritos representados en porcentaje.

Las residencias más representativas comprenden un total de 510 datos que corresponden al 45 % del total de direcciones localizadas. Es así, como se puede Observar que aproximadamente la mitad de las direcciones residenciales se ubican en tan solo 10 barrios, a pesar de que existen 234 barrios en toda la ciudad. Situación que pone en evidencia la alta densidad o concentración de usuarios, siendo estas zonas las más beneficiadas del programa de bicicletas públicas de la ciudad de Tunja.

El barrio Libertadores presenta estratos 1,2 y 3 y de manera general en los barrios de análisis el estrato 3 se presenta con mayor frecuencia. Finalmente se infiere que el usuario BICITUNJA se caracteriza por pertenecer a los estratos comprendidos entre el 0 y el 4.

**Tabla 20.** Barrios con mayor concentración de residencias y estratos

ANÁLISIS BARRIOS		
BARRIOS	% de residencias	ESTRATOS
Libertadores	12%	1,2
Centro	6%	1,2,3,4
Las Américas	5%	1,2,3
Suarez Rondón	4%	3
Surinama	4%	1,3
Urb. Aquimin	3%	-
Santa bárbara	3%	1,2,3,4
Obrero	3%	0,1,2,3
Jordan	3%	1,2,3
Bolivar	3%	2,3

**Fuente:** elaboración propia a partir de base de datos encuestas O/D Tunja – 2012. Suministrada por docente asignatura modelación del transporte.

La ubicación de las residencias y el mapa de densidad se dan a conocer en los planos: *plano 1. Ubicación residencias* y *plano 2. Análisis de densidad*, los cuales se disponen como anexos (CD) E y F respectivamente.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según la percepción del usuario, la infraestructura y las estaciones son las condiciones más importantes que determinan la elección del sistema de bicicletas públicas como modo de transporte a la hora de movilizarse. Teniendo en cuenta los componentes que fueron analizados en las opiniones de los usuarios, aquellos que generan mayor inquietud e interés frente a las condiciones actuales del sistema son los relacionados con la infraestructura y las estaciones de préstamo. Esta situación conlleva a inferir la correlación que existe entre el grado de importancia de los factores evaluados y la percepción del usuario frente al escenario que se tiene actualmente del sistema. A consecuencia de esto, se deduce que los usuarios determinan como relevantes estas condiciones del servicio y que por ello deben llevarse a cabo algunos cambios en pro de mejorar el sistema, brindando a los habitantes de Tunja puntos de préstamo y disposición de ciclорrutas en sectores adecuados para ello.

Los resultados de la encuesta indican que existe alto potencial del sistema en el sector Norte de la ciudad. Por un lado, a la pregunta “Si existieran estaciones en otros sectores de la ciudad, ¿Usted con qué frecuencia haría uso de dicho servicio?”, un porcentaje considerable representó a los usuarios que la utilizarían diariamente y una proporción muy pequeña de usuarios que no usarían el sistema. Con ayuda de la georreferenciación de las direcciones residenciales y las ventajas del software ArcGIS, Se logró identificar la presencia de un volumen importante de usuarios en la zona Norte. En efecto de esto, se evidencia la potencialidad del sistema en el caso de expandir el proyecto de BICITUNJA hacia otros sectores que puedan beneficiarse de esta alternativa de transporte.

Con respecto al análisis del modelo Logit Multinomial, se evidencia que las variables de edad y sexo no presentan variabilidad de elección, es decir, que el hecho de ser adolescente, joven o adulto, o en caso de ser hombre o mujer, son factores que no influyen en la decisión de utilizar el sistema de bicicletas. Por otro lado, la ocupación es un componente que sí presenta variabilidad a la hora de elegir, es así, como los usuarios que no hacen parte del grupo de los trabajadores (estudiantes, desempleados, otros) presentan mayor atracción al SBP BICITUNJA, en gran medida porque su uso es gratuito, y teniendo en cuenta que para una persona que genera ingresos es más factible pagar la tarifa del TPCU.

Según el estudio de movilidad del 2012<sup>52</sup>, en el análisis de distribución de los viajeros según la ocupación, los estudiantes son los que realizan mayores viajes representando el 36.1 % y el modo a pie y TPCU son los modos de transporte más usados por estos actores. Esta situación pone en evidencia la necesidad de generar

---

<sup>52</sup> ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA Y UPTC. Informe C1. Óp. cit., p 147.

medios de transporte alternativos que satisfagan esta demanda y que sean acordes a su condición económica. La gratuidad de BICITUNJA, es una característica que genera interés en los estudiantes debido a los ahorros de dinero del cual pueden beneficiarse, considerando que esta razón es la que predominó en los encuestados a la hora de hacer uso del sistema, posiblemente esta condición contribuya a un cambio modal, donde se presente mayor atracción de usuarios y se incremente el uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad.

Las experiencias Internacionales demuestran que los SBP han sido exitosos a pesar de los obstáculos que se suelen presentar durante su operación. El robo, el vandalismo y la falta de bicicletas o de espacio para su parqueo son los obstáculos que se evidencian con mayor frecuencia en el transcurso de la primera fase de este tipo de proyectos. En el caso de BICITUNJA, desde su implementación, no se han presentado robos de bicicletas, pero debido a la carencia de cultura de las personas, algunos timbres y los sistemas para el cambio de altura de los sillines se encuentran dañados.

Los sistemas que iniciaron con mayor cantidad de bicicletas y estaciones son el Vélib y Ecobici, los cuales presentaban características mucho más avanzadas que BICITUNJA. Por otro lado, la disponibilidad del servicio y tiempo de uso eran más extensos. En cuanto a la disponibilidad, se recomendaría prestar el servicio de lunes a viernes en horario más amplio. Según la encuesta, los usuarios consideran importante esta condición y que por esta razón se debería extender el horario de préstamo de bicicletas con el fin de que este se adapte mejor a las necesidades de la bici usuarios.

La alta representatividad de los hombres en el uso del sistema se evidencia en el sistema Vélib y Bicing de los cuales se logró encontrar esta información. De igual manera, el sistema BICITUNJA también presentó esta característica. En cuanto a los motivos de uso, se identificaron la rapidez, trabajo y ahorro de tiempo como las razones más importantes.

Los sistemas internaciones estudiados poseen una tarifa de acuerdo al tipo de pase que tengan. El beneficio de la hora gratis es considerado como un incentivo para el usuario. Por otro lado, BICITUNJA es un sistema que hasta el momento no cobra una tarifa para utilizarlo, condición que lo hace más atractivo a los habitantes de la ciudad de Tunja.

A pesar de que, en Colombia, 23 fueron los municipios seleccionados para las piloto bicicletas públicas tan solo 6 de estos dieron inicio al sistema, según la revisión bibliográfica, muchos de estos municipios aún tienen guardadas las bicicletas porque no hay recursos para poder invertir en la infraestructura necesaria, como es el caso de los cicloparqueaderos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que el proyecto se encontraba en su fase inicial, la acogida que tuvo por parte de los ciudadanos fue muy satisfactoria, en los cinco meses que duró el plan piloto hubo 3088 inscritos. Al día se llegaba casi hasta los 300 préstamos, alcanzando así más de 20,000 préstamos en la prueba piloto. Con base en los resultados obtenidos se lograron sintetizar una serie de recomendaciones para que en el momento de que el sistema sea operado de manera permanente el número de inscritos ascienda de manera considerable y las condiciones de uso del sistema sean las mejores.

La mayoría de los usuarios encuestados, consideran que se encuentran satisfechos por el servicio que brinda BICITUNJA debido a los grandes beneficios que presenta como el ahorro de tiempo y dinero. Por otro lado, el usuario expone su inconformismo frente a aspectos como la falta de cobertura hacia el Norte de la ciudad, la carencia de infraestructura, la intolerancia de los peatones, el mal estado de las bicicletas, el horario inapropiado para el préstamo, la mala atención por parte de los operadores, entre otras.

Gran parte de los usuarios inscritos en el sistema residen en el sur de la ciudad, siendo así, la zona más beneficiada de este proyecto. Este resultado era de esperarse ya que el sistema cubre los sectores que abarcan el tramo centro - sur. Es importante reconocer que existe una población hacia el Norte de Tunja que hace uso del sistema y que por ello solicitan mayor cobertura hacia estos sectores. A razón de esto se evidencia el potencial de uso del sistema si existieran otros puntos de préstamo de bicicletas en la ciudad.

Es necesario que por lo menos haya una persona a cargo en cada estación, a pesar de que el propósito inicial del sistema era que operara de manera semi-automática se recomienda un acompañamiento permanente en las siguientes situaciones: registro, préstamo y devolución de la bicicleta, verificación del estado de la bicicleta y seguridad. El usuario necesita asesoramiento al momento de inscribirse, también a la hora de hacer uso de la bicicleta ya que por la dificultad de desarrollar este proceso de manera rápida el usuario puede exceder los 20 minutos de préstamo. Se requiere que el personal verifique el estado de las bicicletas y todos los elementos que la componen garantizando la integridad del sistema.

El diligenciamiento de la información al momento del registro no fue el más adecuado ya que se presentaron bastantes errores como correos repetidos, correos errados, direcciones inexistentes, entre otros. Se recomienda realizar un formato óptimo para incorporar los datos de cada usuario y así no admitir errores de este tipo. La calidad de la información para proyectos como este es fundamental para el desarrollo exitoso del procesamiento y análisis de los datos suministrados.

## BIBLIOGRAFÍA

ACERO MORA, Jesús David. Los sistemas de bicicleta pública vistos desde la relación servicio – producto. estudio de caso: el programa de bicicletas bicirrun de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Bogotá D,C: Universidad Nacional de Colombia. 2011. 92p.

ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA Y UPTC. Herramienta de transporte terrestre urbano de pasajeros y carga, simulación del efecto de proyectos de infraestructura y políticas de transporte. Informe C, caracterización de la movilidad. Tunja. Octubre, 2012. 156 p.

ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA. Plan de desarrollo municipal Tunja en equipo 2016 – 2019. Tunja, 2016. 151 p.

ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA. Sistema de bicicletas públicas de la ciudad de Tunja. BiciTunja. 2017. [en línea], [consultado el 29 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://186.117.128.93/bicicletas/incio.html>

AZAN, Soraya y MONTEZUMA, Ricardo. Experiencias y oportunidades de los SPB en América Latina. Medellín: CAF, 2016.

BEA ALONSO, Miguel. Los sistemas de bicicletas públicas Urbanas. España: Universidad Autónoma de Barcelona. 2009. 24p.

BETANCOURT, Jaime Ortiz. Propuesta para el sistema de bicicleta pública y posibles rutas bici cables en Ibagué-Colombia. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: 2015. 150p

CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Movilidad en bicicleta en Bogotá. 2009. 80p.

CANADA. Minister of Transport. Bike-sharing guide. 2009. 77p.

CHIRIBOGA, Julio. Metodología de estudio de preferencias declaradas y reveladas para la implementación del sistema de bicicleta pública en una ciudad. Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2014. 126 p

COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1811. (21, octubre, 2016). Por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el código nacional de tránsito Bogotá, 2016. 8 p.

COLOMBIA. EL CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 769. (6, agosto, 2002). Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2002. 123 p.

COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1083. (31, julio, 2006). por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2006. 5 p.

COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1682. (22, noviembre, 2013). Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias. Bogotá, 2013. 51 p.

COLOMBIA. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Decreto 397. (20, septiembre, 2010). Por el cual se adopta el Plan Distrital de Seguridad Vial para Bogotá, Distrito Capital. Bogotá, 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Decreto 736. (10, abril, 2014). por el cual se reglamenta la planeación de los proyectos de infraestructura de transporte con la finalidad de asegurar la intermodalidad, multimodalidad, su articulación e integración, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9 de la ley 1682 de 2013. Bogotá, 2014. p. 1

COLOMBIA. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Decreto 596. (19, diciembre, 2014). Por medio del cual se adopta el Sistema de Bicicletas Públicas para la ciudad de Bogotá D.C. y se dictan otras disposiciones relativas al uso de la bicicleta en el Distrito Capital. Bogotá D.C, 2014.

COLOMBIA. CONCEJO DE MEDELLÍN. Acuerdo municipal 84 (29, noviembre, 2009). Por medio del cual se reglamenta el Sistema de Bicicletas en la ciudad de Medellín que hará parte del Plan de movilidad de la ciudad. Medellín, 2009. 2 p.

COURSERA. Introducción a los modelos de demanda de transporte. Preferencias declaradas. [en línea], [Consultado el 9 de mayo de 2018]. Disponible en internet: <<https://es.coursera.org/learn/demanda-de-transporte/lecture/Rg88G/preferencias-declaradas>>.

GAUTHIER Aimee, et al. Guía de planeación Del sistema de bicicleta pública. ITDP: 2013. 152p.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Madrid. 2007. 124p.

GORDILLO, Cristhian. Estado del arte. características y experiencias de los sistemas de bicicletas público en América Latina y consideraciones para la

implementación del SBP en Bogotá. Bogotá D.C.:Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2016. 72 p.

GONZÁLEZ, Mariano. Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible. Madrid: Ecologistas en Acción, 2007. 32 p. ISBN: 978-84-935622-5-0

GONZÁLEZ, Samuel. Una nueva revolución en la movilidad urbana: los sistemas de bicicletas públicos. En: revista interdisciplinaria sobre estudios urbanos. Octubre, 2015-2016, Vol. 1, no.1. p. 28 – 42. ISSN: 2448-900X

IDEA. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. España. Noviembre 2007. 123 p.

INSTITUTE FOR TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT POLICY. Guía de planeación del sistema de bicicleta pública. Nueva York, 2015. 151 p.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Madrid, 2007. 123 p. ISBN-13: 978-84-96680-24-1

INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y SALUD. Glosario de movilidad sostenible. Barcelona: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, ISTAS, 2009. 90 p.

KOCUR, George, *et al.* Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. Washington D.C. September 1981.

LIZÁRRAGA, Carmen. Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo. En: Economía, Sociedad y Territorio. Diciembre, 2006. Vol. 6, no. 22.

MINISTERIO DE AMBIENTE. Con movilidad sostenible Colombia podrá disminuir la contaminación del aire [en línea], 19 de septiembre de 2017 [Consultado el 12 de abril de 2018]. Disponible en internet: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3220-con-movilidad-sostenible-colombia-podra-disminuir-la-contaminacion-del-aire>.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Proyección de demanda de energía en Colombia. Octubre, 2010. 51 p.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Piloto bicicletas públicas 2016. [en línea], 13 de marzo de 2017 [Consultado el 25 de abril de 2018]. Disponible en internet: <[https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos\\_ambientales/piloto\\_bicicletas\\_publicas\\_2016](https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos_ambientales/piloto_bicicletas_publicas_2016)>.

MONTEZUMA, Ricardo. Guía práctica para implementación Sistemas Públicos de bicicletas para América Latina. 233 p.

MORENO, Eric. Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte. Sanfandila, Qro. 2011. 86 p. Publicación Técnica No. 335

OBRA SOCIAL DE CAJA MADRID. Movilidad urbana sostenible: Un reto energético y ambiental. Madrid, 2010. 73 p.

ORTÚZAR, Juan de Dios y WILLUMSEN, Luis. Modelos de transporte. Madrid, PubliCAN, 2008. p. 159-160.

PARDO, Carlos Felipe. Revisión de los Sistemas de Bicicletas Publicas para América Latina. Washington: Clean Air Institute, 2012. Recuperado de <http://www.cleanairinstitute.org/cops/documentos-de-politica>

POMPILIO, Juan. Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. En: revista de economía y estadística. Cuarta época, vol. 44. No.2. p. 81 – 123. ISSN 0034 - 8066.

POZUETA, Julio. Movilidad y planeamiento sostenible: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. Madrid, 2000.

QUINTERO, Julián. Bicicletas compartidas como sistema de transporte público urbano: análisis de políticas públicas en Colombia (1989-2017). En: Revista Ciudades, Estados y Política. Marzo, 2018. Vol. 4, 3. p. 17 – 35.

ROJAS, Francisca y DÍAZ ROGRIGO. Mujeres y ciclismo urbano: promoviendo políticas inclusivas de movilidad en América Latina. Noviembre, 2017. 77 p.

SHAHEEN, S., Guzman, S. & Zhang, H. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: past, present, and future. En: Transportation Research Board Annual Meeting. March, 2010. P. 1 – 20



TUNJA. CONCEJO MUNICIPAL DE TUNJA. Acuerdo municipal 0014. (1, junio, 2001). Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja. Tunja, 2001. p. 19.

YONGPING, Zhanga & ZHIFU, Mi. Environmental benefits of bike sharing: A big data-based analysis. En: Applied Energy. March, 2018. p. 296 – 301.



## ANEXOS

### Anexo A. Formato encuesta prueba piloto

	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS</b></p>																	
<b>B1-8 ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS DEL SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE TUNJA (BICITUNJA)</b>																		
Fecha	_____																	
Estación	Hongos <input type="checkbox"/>	Centenario <input type="checkbox"/> Centro <input type="checkbox"/>																
<b>1. ¿Cuál es su ocupación?</b>																		
a. Estudiante																		
b. Trabajador																		
c. Desempleado																		
d. Otro																		
<b>2. ¿cuál es su modo de transporte habitual?</b>																		
a. Transporte público colectivo urbano TPCU																		
b. Bicicleta																		
c. Taxi																		
d. A pie																		
e. Automóvil																		
f. Motocicleta																		
g. Ninguno																		
<b>3. En la actualidad, el sistema BICITUNJA cuenta con tres estaciones (Plaza de Bolívar, Universidad Juan de Castellanos y Los Hongos), ¿Por cuál de las siguientes razones haría uso del servicio de préstamo de bicicletas?</b>																		
<table border="1"><thead><tr><th>RAZONES PARA USAR EL SISTEMA</th><th>X</th></tr></thead><tbody><tr><td>Servicio gratuito</td><td></td></tr><tr><td>Es el medio de Transporte más cercano</td><td></td></tr><tr><td>Es su única opción de transporte</td><td></td></tr><tr><td>Salud</td><td></td></tr><tr><td>Cuidado del medio ambiente</td><td></td></tr><tr><td>Llega rápido a su destino (ahorro de tiempo)</td><td></td></tr><tr><td>Ahorro de dinero</td><td></td></tr></tbody></table>			RAZONES PARA USAR EL SISTEMA	X	Servicio gratuito		Es el medio de Transporte más cercano		Es su única opción de transporte		Salud		Cuidado del medio ambiente		Llega rápido a su destino (ahorro de tiempo)		Ahorro de dinero	
RAZONES PARA USAR EL SISTEMA	X																	
Servicio gratuito																		
Es el medio de Transporte más cercano																		
Es su única opción de transporte																		
Salud																		
Cuidado del medio ambiente																		
Llega rápido a su destino (ahorro de tiempo)																		
Ahorro de dinero																		
<b>4. ¿Cuántas veces al día haría uso del sistema BICITUNJA?</b>																		
a. 1 a 2 veces al día																		
b. 3 a 4 veces al día																		
c. 5 a 6 veces al día																		
d. 7 o más veces al día																		

Fuente: elaboración propia

**Anexo A.** (continuación)

**5. Si existieran estaciones en otros sectores de la ciudad, ¿Usted con qué frecuencia haría uso de dicho servicio?**

- a. Diariamente
- b. Varias veces a la semana
- c. Ocasionalmente por mes
- d. No haría uso del sistema

**6. Qué grado de importancia le asigna usted a las condiciones que se presentan a continuación. Tenga en cuenta que la escala de evaluación se encuentra establecida en un rango del 1 – 5, donde el 5 se considera como alto nivel de importancia y el 1 como el más bajo.**



Condiciones del sistema	Valor				
	1	2	3	4	5
a. Estado de las bicicletas					
b. Cantidad de bicicletas					
c. Número de estaciones para el préstamo					
d. Buena atención y asesoría por parte de los operarios					
e. Rapidez al momento de solicitar la bicicleta					
f. La infraestructura					
g. El horario de préstamo					
h. Comodidad					
i. Seguridad en la vía					
j. Elementos de protección personal					

**7. A continuación, se presentan 8 escenarios que comparan el sistema de transporte público colectivo urbano "TPCU" con el sistema de bicicletas públicas "SBP". Si usted requiere movilizarse del centro "Plaza de Bolívar" a Los Hongos, ¿Qué alternativa de transporte seleccionaría en cada uno de los escenarios?**

Escenario	TPCU	SBP
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

**Fuente:** elaboración propia

**Anexo B. Formato encuesta definitiva**

	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS</b></p>	
<p><b>B1-8 ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS DEL SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS DE LA CIUDAD DE TUNJA (BICITUNJA)</b></p>		
<p><b>1. Género.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Femenino</li><li>b. Masculino</li></ul>		
<p><b>2. Indique su edad de acuerdo a los siguientes rangos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Menos de 18 años</li><li>b. Entre 19 y 26 años</li><li>c. Entre 27 y 40 años</li><li>d. Entre 41 y 60 años</li><li>e. Mayor de 60 años</li></ul>		
<p><b>3. ¿Cuál es su ocupación?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Estudiante</li><li>b. Trabajador</li><li>c. Desempleado</li><li>d. Otro</li></ul>		
<p><b>4. ¿Cuál es su grado de satisfacción en cuanto al servicio de préstamo de bicicletas en la ciudad?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Muy satisfecho</li><li>b. Satisfecho</li><li>c. Ni satisfecho, ni insatisfecho</li><li>d. Insatisfecho</li><li>e. Muy insatisfecho</li></ul>		
<p><b>5. Además de uso del sistema BICITUNJA, ¿Cuál es su modo de transporte habitual?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Transporte a. público colectivo urbano TPCU</li><li>b. Bicicleta</li><li>c. Taxi</li><li>d. A pie</li><li>e. Automóvil</li><li>f. Motocicleta</li></ul>		

**Fuente:** elaboración propia

**Anexo B. (continuación)**

**6. ¿Por qué utiliza el servicio de préstamo de bicicletas BICITUNJA?**

RAZONES PARA USAR EL SISTEMA	X
Servicio gratuito (ahorro de dinero)	
Es el medio de Transporte más cercano	
Es su única opción de transporte	
Salud	
Cuidado del medio ambiente	
Llega rápido a su destino (ahorro de tiempo)	

**7. ¿Cuántas veces hace uso del sistema BICITUNJA?**

- a. Varias veces a la semana
- b. 1 a 2 veces al día
- c. 3 a 4 veces al día
- d. 5 a 6 veces al día
- e. 7 o más veces al día

**8. ¿Si existieran estaciones en toda la ciudad, ¿Usted con qué frecuencia haría uso de dicho servicio?**

- a. Diariamente
- b. Varias veces a la semana
- c. Ocasionalmente por mes
- d. No haría uso del sistema

**9. Qué grado de importancia le asigna usted a las condiciones que se presentan a continuación. Tenga en cuenta que la escala de evaluación se encuentra establecida en un rango del 1 – 5, donde el 5 se considera como alto nivel de importancia y el 1 como el más bajo.**

Condiciones del sistema	Valor				
	1	2	3	4	5
a. Estado de las bicicletas					
b. Cantidad de bicicletas					
c. Número de estaciones para el préstamo					
d. Buena atención y asesoría por parte de los operarios					
e. Rapidez al momento de solicitar la bicicleta					
f. La infraestructura (Ciclo-ruta, etc.)					
g. El horario de préstamo					
h. Seguridad en la vía					
i. Elementos de protección personal					

**Fuente:** elaboración propia



**Anexo B.** (continuación)

**10. A continuación, se presentan 8 escenarios que comparan el sistema de transporte público colectivo urbano "TPCU" con el sistema de bicicletas públicas "BICITUNJA". Si usted requiere movilizarse del centro "Plaza de Bolívar" a Los Hongos, ¿Qué alternativa de transporte seleccionaría en cada uno de los escenarios?**



<b>Escenario</b>	<b>TPCU</b>	<b>SBP</b>
<b>1</b>		
<b>2</b>		
<b>3</b>		
<b>4</b>		
<b>5</b>		
<b>6</b>		
<b>7</b>		
<b>8</b>		

**Fuente:** elaboración propia



**Anexo C.** Modelo de presentación de escenarios encuesta piloto

ESCENARIO 1	TPCU		SBP		
			Tiempo de viaje (min)	8	Tiempo de viaje (min)
		Tiempo de espera (min)	4	Tiempo de espera (min)	1
		Costo del viaje	1600	Costo del viaje	0



  

ESCENARIO 2	TPCU		SBP		
			Tiempo de viaje (min)	8	Tiempo de viaje (min)
		Tiempo de espera (min)	7	Tiempo de espera (min)	1
		Costo del viaje	1600	Costo del viaje	800







ESCENARIO 3	TPCU		SBP		
			Tiempo de viaje (min)	8	Tiempo de viaje (min)
		Tiempo de espera (min)	4	Tiempo de espera (min)	4
		Costo del viaje	1600	Costo del viaje	0

ESCENARIO 4	TPCU		SBP		
			Tiempo de viaje (min)	8	Tiempo de viaje (min)
		Tiempo de espera (min)	7	Tiempo de espera (min)	4
		Costo del viaje	1600	Costo del viaje	800

**Fuente:** elaboración propia

Anexo D. Modelo de presentación de escenarios encuesta definitiva

ESCENARIO 1	Transporte público colectivo urbano		Sistema de bicicletas públicas	
				
	Tiempo de viaje	8 minutos	Tiempo de viaje	8 minutos
	Tiempo de espera	6 minutos	Tiempo de espera	1 minutos
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>14 minutos</b>	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>9 minutos</b>
<b>COSTO DEL VIAJE</b>	<b>\$1,600</b>	<b>COSTO DEL VIAJE</b>	<b>\$0</b>	
ESCENARIO 2	Transporte público colectivo urbano		Sistema de bicicletas públicas	
				
	Tiempo de viaje	8 minutos	Tiempo de viaje	8 minutos
	Tiempo de espera	10 minutos	Tiempo de espera	1 minutos
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>18 minutos</b>	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>9 minutos</b>
<b>COSTO DEL VIAJE</b>	<b>\$1,600</b>	<b>COSTO DEL VIAJE</b>	<b>\$800</b>	
ESCENARIO 3	Transporte público colectivo urbano		Sistema de bicicletas públicas	
				
	Tiempo de viaje	8 minutos	Tiempo de viaje	8 minutos
	Tiempo de espera	6 minutos	Tiempo de espera	5 minutos
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>14 minutos</b>	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>13 minutos</b>
<b>COSTO DEL VIAJE</b>	<b>\$1,600</b>	<b>COSTO DEL VIAJE</b>	<b>\$0</b>	

Fuente: elaboración propia

**Anexo E.** (CD), Plano 1. Ubicación de residencias

**Anexo F.** (CD), Plano 2. Análisis de densidad

**Anexo G.** (CD), Memorias de cálculo EXCEL

**Anexo H.** (CD), Memorias de cálculo BIOGEME

**Anexo I.** (CD), Entrevista personal ENCICLA-Medellín