



Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias  
ISSN: 1856-8327  
revistaiiynt@gmail.com  
Universidad de Carabobo  
Venezuela

Duarte, Deison; López, Katherin Paola; Meneses, Sonia  
Caracterización de riesgos en la accidentalidad de bicisuarios. Bogotá – Engativá  
Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias,  
vol. VI, núm. 21, 2018, Julio-Diciembre, pp. 91-108  
Universidad de Carabobo  
Venezuela

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215058535007>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

## Caracterización de riesgos en la accidentalidad de bicisuarios. Bogotá – Engativá

*Factors that affect the accident rate of bicyclists. Bogotá - Engativá*

**Deison Duarte Vargas, Katherin López Rodríguez, Sonia Meneses Velosa**

*Palabras clave:* Bici-usuarios, movilidad, accidentalidad, árbol de sucesos, variables

*Key words:* Bike-users, mobility, accident, event tree, variables

### RESUMEN

Bogotá se convirtió en una de las ciudades líderes en el uso de la bicicleta como medio de transporte. Actualmente, no se reportan estudios sobre los factores que inciden en la accidentalidad; presentándose alrededor de 60 ciclistas muertos y 715 lesionados para el 2015, tasa que aumentó el 7% con respecto al anterior año. Solo hay estadísticas de lesionados y fallecidos. Sin este tipo de análisis, no se pueden proponer políticas públicas o estrategias de bienestar para influir en las causales de accidente, ya sea desde la frecuencia de ocurrencia o desde la perspectiva de la severidad del daño. La Secretaría de movilidad posee un registro de ocurrencia para cada accidente, pero esta no se encuentra integrada, por lo que, en este artículo se presenta el análisis del comportamiento que tienen los factores influyentes cuando ocurre un accidente. Estos factores se obtuvieron de una base de datos de accidentes en bicicleta suministrada por la secretaria de movilidad de Bogotá, adicionalmente se recolectó información primaria de 280 bici-usuarios frecuentes de la localidad de Engativá; se realizó un tratamiento de datos, priorizados a través de la matriz de Vester y analizadas en un árbol de sucesos con probabilidad; como resultado el árbol muestra 5 variables básicas para la ocurrencia de un accidente en bicicleta.

### ABSTRACT

Bogotá became one of the leading cities in the use of bicycles as a means of transport. Currently, no studies are reported on the factors that affect the accident rate; Some 60 cyclists were killed and 715 injured by 2015, a rate that increased 7% compared to the previous year. There are only statistics on injuries and deaths. Without this type of analysis, public policies or welfare strategies can not be proposed to influence the causes of accidents, either from the frequency of occurrence or from the perspective of the severity of the damage. The Mobility Secretary has a record of occurrence for each accident, but this is not integrated, so in this article we present the analysis of the behavior of influential factors when an accident occurs. These factors were obtained from a bicycle accident database provided by the mobility secretary of Bogotá, additionally, primary information was collected from 280 frequent bike users in Engativá; a data treatment was carried out, prioritized through the Vester matrix and analyzed in a probability tree; as a result, the tree shows 5 basic variables for the occurrence of a bicycle accident.

## INTRODUCCIÓN

Una de las acciones que realiza el ser humano más a menudo es el movilizarse por tierra de un punto a otro; en la actualidad se encuentran varios medios de transporte, como lo son (en Colombia): bus, taxi, carro, sistema integrado de transporte público, bicicleta entre otros. Este último, ha obtenido gran acogida en los últimos años debido a que es un medio sustentable, menos contaminante y equitativo. La ciudad con mayor cantidad de kilómetros de ciclo ruta, no solo en Colombia sino a nivel Latinoamérica es Bogotá (Ríos, Taddia, Pardo & Lleras, 2015), con 392 km donde los lesionados o muertos a causa de un accidente, según medicina legal son del 5% y 7% de los que usan bicicleta (Jiménez castro, Díaz Anacona, & Meneses Veloza, 2017); con el transcurso de los años se evidencia un crecimiento en el uso de las bicicletas y al mismo tiempo la tasa de accidentes (logmovilidad, 2014). La población biciusuaría de la localidad de Engativá se encuentra en el 3 puesto con mayor número de viajes por día en bicicleta según el reporte de la secretaria de movilidad (logmovilidad, 2014), teniendo que del periodo del 2016 al 2018, ocurrieron 680 siniestros en bicicleta en este sector de Bogotá según el reporte obtenido de la secretaria de movilidad (movilidad, 2018), de los cuales se reportaron 25 fallecidos y más de 700 lesionados (Movilidad, 2018). La acción del gobierno de la ciudad ha sido impulsar este medio de transporte desarrollando proyectos con centro en la

construcción de rutas, pero no tiene en cuenta que hay diferentes factores que están ocasionando que aumente la probabilidad de que los ciclistas sufran un accidente.

Con base en esta problemática, el presente artículo muestra los resultados de la investigación donde inicialmente se usó información secundaria para identificar las variables que influyen en la accidentalidad de la movilidad de biciusuarios, donde se identificaron diferentes variables y métricas de medición de su impacto en la accidentalidad, pero cada estudio tiene un enfoque diferente como inclusión, infraestructura o comportamiento. No se encontraron estudios que mostraran un análisis integral que incluyeran aspectos asociados a al biciusuario, infraestructura y entorno.

Por ello se recurrió a la información de la Ciudad del secretario de Movilidad en las encuestas de Movilidad (Big Data) y se realizó una encuesta a la población de la localidad en una muestra representativa para comparar los resultados. La ciudad cuenta con una encuesta de movilidad del año 2016 y recopilación de accidentes de biciusuarios donde se asigna una causal del accidente. La investigación de accidentes donde esté involucrada una bicicleta solo se aplica en casos donde esté involucrado otro vehículo.

El objetivo de este proyecto consiste en desarrollar la caracterización de los riesgos de accidentes del proceso de movilidad de

los biciusuarios de la localidad de Engativá empleando el árbol de probabilidades; mediante la obtención de información primaria mediante encuestas y bases de datos por entidades gubernamentales y secundaria por medio de la búsqueda de anteriores investigaciones con el fin de

realizar la caracterización y clasificación de los riesgos donde se identifiquen: actores, características, valores de estas características, y las relaciones entre estos para conseguir estructurar el árbol de probabilidades.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada en esta investigación se presenta en las siguientes etapas la cual es resumida en la figura 1.

**a) Búsqueda de información secundaria.** Para llegar a la caracterización de las variables que afectan la accidentalidad de la movilidad en bicicleta, se inició con la búsqueda de información secundaria de cómo se caracterizaron los accidentes. Esta actividad se realizó mediante la revisión del estado del arte de diferentes investigaciones a nivel nacional e internacional usando como referencia artículos científicos, revistas, libros y reportes de movilidad para su posterior clasificación los cuales sumaron 100 documentos. Los principales documentos donde se encontraron más variables fueron los siguientes:

-Plan bici: infraestructura, exceso de velocidad, acción de terceros, transitar en contravía, girar bruscamente, embriaguez o drogas, accidente según género (Secretaría de Movilidad, 2016).

-*How infrastructures can promote cycling in mediterranean cities: lessons from Sevilla* (Marqués, Hernández-Herrador, Calvo-Salazar & García-Cebrián,

2015): red vial ciclo rutas, intersecciones y calles sin ciclo vías, alta velocidad y falta de normas de seguridad.

-*Incompetent or too competent? Negotiating everyday cycling identities in a motor dominated society* (Aldred, 2013): imprudencia, ignorar señalización y viajar sin luces.

-Estudio sobre las estrategias de promoción de la bicicleta como medio de transporte en las ciudades españolas (Ferrando, Martín, Molinero, López & García, 2011): falta de ciclo ruta y timidez.

-*Infrastructures de transports et conflits* (Wolff, 2015): mala distribución de espacios en la carretera, invasión de aceras para peatones, imprudencia de terceros y falta de educación para biciusuarios.

-La bicicleta como medio de transporte puntos de vista de las personas usuarias y expertas (Vicente & Hormaetxe, 2006): inseguridad, imprudencia, lluvia, falta de señalización, mala infraestructura en las vías, acción de terceros, exceso de velocidad y falta de implementos de seguridad.

La secretaria de movilidad de Bogotá brindó una base de datos para el estudio,

los cuales fueron de gran importancia ya que estos arrojaron datos específicamente

de la localidad de Engativá de donde se realiza dicho estudio.

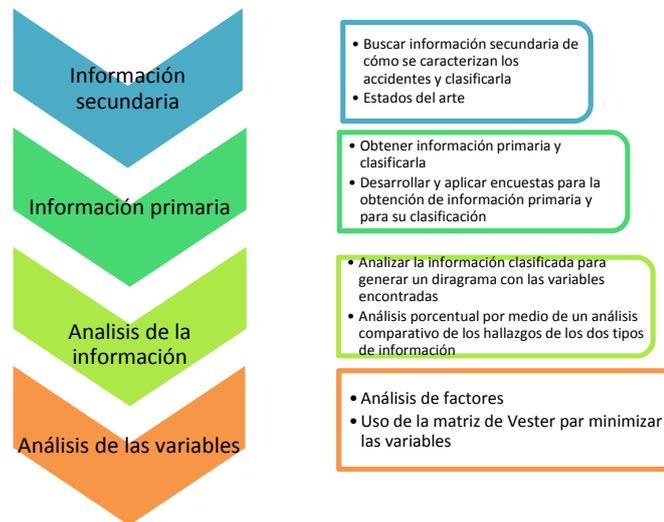


Figura 1. Metodología de la investigación

Según la clasificación de documentos se puede determinar, de una manera más clara de que artículos consultados se obtuvieron las diferentes variables a tener en cuenta para la relación de los resultados de toda la información secundaria. Teniendo las variables obtenidas de los artículos, se procede a su clasificación según su condición; prudencia, ciclista, bicicleta y entorno.

**b) Información primaria.** Para iniciar la recolección de información primaria, se aplicaron un total de 280 encuestas de las cuales se determinaron mediante un el método probabilístico aleatorio simple, el cual arrojó un total de 218 biciusuarios, a partir de la fórmula 1.

$$n = \frac{z^2 P Q N}{e^2 (N-1) + z^2 P Q} \quad (1)$$

Donde:

Z= nivel de confianza

P= proporción de accidentalidad

Q= proporción de no accidentalidad

N= población de biciusuarios = 500 biciusuarios

E= nivel de error muestral

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 500}{0,05^2 (500 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 218 \text{ Bici} - \text{usuarios}$$

Debido a que el 50% de los encuestados alguna vez se han accidentado, se tomó la proporción de accidentalidad y de no accidentalidad como un 0,5; la población de biciusuarios se obtuvo según la base de datos de los biciusuarios registrados en la universidad hasta el momento de la realización de la primera encuesta, se tomó un nivel de error bajo de un 0,05 para dar más certeza a los resultados, y un nivel de confiabilidad del 97,5% que, al momento de calcular la z, es decir la distribución normal da 1,96; dando así un total de 218 encuestas que se deben realizar para tener una buena

muestra; y se realizaron para más confiabilidad 280.

El estudio se desarrolla, primero con información secundaria y luego la información primaria para ratificar lo anterior. Para obtener dicha información se usaron métodos estadísticos para la construcción de las encuestas y para conocer el tamaño de la muestra.

La encuesta 1, presentada en la Figura 2, se realizó de la siguiente manera; por medio de preguntas que arrojaran variables

demográficas, de comportamiento y geográfico, para saber cuáles sirven para definir accidentalidad y otras para definir riesgos. En esta se estudió la cantidad de variables y eventos asociados a estas variables las cuales generaban accidentes.

Debido a que no se tenían los datos de los lugares donde ocurrieron los accidentes y las condiciones de esta, se decidió hacer la encuesta 2, la cual es presentada en la figura 3.

<p>Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____          Barrio: _____ Localidad: _____ Facultad: _____</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Tiempo de recorrido de su casa a la Universidad? _____</li> <li>2. Indique que día a la semana utiliza la bicicleta:              Lunes__ Martes__ Miércoles__ Jueves__ Viernes__ Sábado__ Domingo__</li> <li>3. ¿Utiliza señales gestuales al doblar o cambiar de carril? Si__ No__</li> <li>4. ¿Utiliza Kit de despinche? Si__ No__</li> <li>5. ¿Cómo considera usted que se encuentra la malla vial (Ciclo-rutas) de Bogotá?              Excelente estado__ Buen Estado__ Regular estado__ Mal Estado__</li> <li>6. ¿Conoce las normas para conducir bicicleta? Si__ No__</li> <li>7. ¿Qué motivo lo lleva a usar la bicicleta?              Ahorro de dinero__ Ahorro de tiempo__ Salud__ Cuidado del Medio ambiente__</li> <li>8. ¿Cada cuánto le hace mantenimiento a su bicicleta?              Mensual__ Semestral__ Anual__ Nunca__</li> <li>9. ¿Cómo acostumbra realizar su trayecto?              Solo__ Con un amigo__ En grupo__</li> <li>10. ¿Utiliza una aplicación para planear su ruta? Si__ Cual_____ No__</li> <li>11. ¿Por qué razón escoge la ruta habitual en su bicicleta?              La más corta__ La más segura__ Por costumbre__ Por impulso__</li> <li>12. ¿Qué lo lleva a escoger su ruta al salir de la Universidad, en las horas de la noche?              Ruta más corta__ Ruta más plana__ Ruta iluminada__ Ruta concurrida__</li> <li>13. ¿Cuáles son los riesgos sociales que tiene su trayectoria?              Hurto__ Daños a la bicicleta__ Lesiones__ Presencia de personas intimidantes__</li> <li>14. ¿Cuáles son los riesgos ambientales que tiene su trayectoria?              Impacto al calor__ Lluvia__ Ruido__ Material Particulado__</li> <li>15. ¿Cuáles son los riesgos tecnológicos que tiene en su trayectoria?              Daño mecánico__ Inadecuada infraestructura__ Cruces de alto riesgo__ Señalización__</li> <li>16. ¿Se ha accidentado?</li> </ol>
--

**Figura 2.** Encuesta 1 datos biciusuario de la universidad libre sede bosque popular

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____ Barrio: _____ Localidad: _____ Facultad: _____  1. ¿Ha tenido usted accidentes mientras se movilizaba en bicicleta? SI___ NO___ 2. En qué lugar se accidentó (barrio, localidad, dirección)  3. ¿Llevaba elementos de seguridad? (casco, reflectores) SI_ NO___ CUAL_____
4. Describa como ocurrió el accidente:

Figura 3. Encuesta 2 datos sobre accidentes de los biciusuarios

Teniendo las variables arrojadas de la información primaria y secundaria, se procede a analizarlas por medio de un diagrama. Se realiza un análisis porcentual por medio de un análisis comparativo de los hallazgos, conociendo de esta manera las variables que más influencia tienen en la accidentalidad

Dado que se obtuvieron muchas variables se aplica la matriz de Vester, para priorizar las variables problema críticas. Con la

focalización de las variables que tienen mayor influencia al momento de incurrir en un accidente, se procede a hacer un primer boceto de un árbol de sucesos mediante la ntp 328 de análisis de riesgos (Mintrabajo y Asuntos sociales España, 1994), el cual desarrolla un diagrama secuencial a partir de sucesos iniciadores no deseados para conocer lo que puede acontecer conociendo la probabilidad en este caso del accidente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**a) Resultados de la información secundaria- variables (2015-2018):** con la extracción de las variables de los artículos consultados nombrados anteriormente, se clasificaron según su aplicación en la Tabla 1.

Según el estudio realizado por la secretaria de movilidad del 2016 (Universidad de los Andes (Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional - SUR), Cámara de Comercio de Bogotá, 2016), las

tres(3) variables con más influencia en un accidente son desobedecer señales (el cual comprende cuando hacen caso omiso a las señales de tránsito), adelantar cerrando (cuando se está adelantando un carro moto o bicicleta sin dejar una distancia prudente entre el otro vehículo y la bicicleta) y transitar en contravía, tal y como se evidencia en la figura 4 con sus respectivas frecuencias y porcentajes de participación.

**Tabla No. 1. Clasificación de los artículos estudiados**

V. General	V. Grado 1	Aplicación
Ciclista	- sexo del ciclista	Género: masculino
		Género: femenino
	- experiencia	Alta: más de 1 año montando bicicleta
		Media: entre 6 meses a 1 año montando bicicleta
		Baja: menos de 6 meses montando bicicleta
- condición física	Vida activa: más de 30 minutos de algún ejercicio físico	
	Vida sedentaria: menos de 30 minutos de algún ejercicio físico	
-mantenimiento a la bicicleta	Excelente mantenimiento: cada 4 meses de mantenimiento	
	Buen mantenimiento: cada año mantenimiento	
	Mal mantenimiento: más de un año de mantenimiento	
Infraestructura	- falta de señalización	Señalización excesiva: más de 35 señales de tránsito por calle
		Buena señalización: entre 15 y 35 señales de tránsito por calle
		Mala señalización: menos de 15 señales de tránsito por calle
	- conectividad	Buena conectividad: más de 30 intersecciones en 10km
- estado de la vía	Mala conectividad: menos de 30 intersecciones en 10km	
	Buen estado de la vía: menos de 15 huecos en 10 km	
Entorno	- peligrosidad del sector	Mal estado de la vida: más de 15 huecos en 10 km
		Sector sano: menos de 3 hurtos por semana
	- clima	Sector peligroso: más de 3 hurtos por semana
Día lluvioso		
- hora del día	Día soleado	
	Hora (05:00pm-09:00am)	
Imprudencia	-uso de epp's	Hora (09:00am-05:00pm)
		Uso de epp's
	-conocimiento de la norma vial	No uso de epp's
		Conocimiento de la norma vial
	-velocidad en carros y motos	Desconocimiento de la norma vial
Alta velocidad: mayor a 60km/h		
Velocidad media: de 40km/h a 60km/h		
-velocidad de ciclistas	Baja velocidad: de 1km/h hasta 40km/h	
	Alta velocidad: mayor a 15km/h	
	Velocidad media: de 12km/h a 15km/h	
		Baja velocidad: de 0 km/h hasta 12+c29:h31km/h

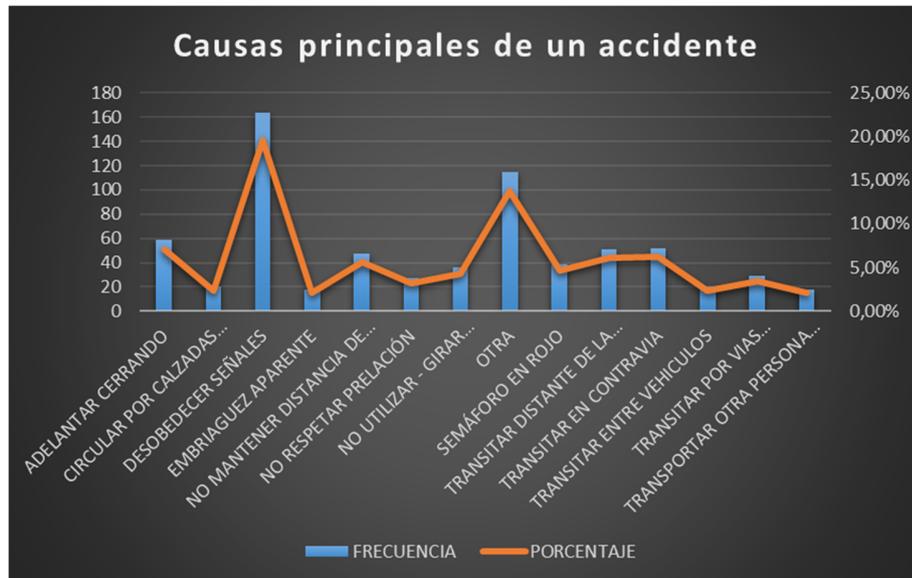


Figura 4. Causas probables de un accidente según informe de movilidad

Fuente: Secretaria de Movilidad, Tomado de los datos de la oficina de información sectorial sdm 2013, del documento técnico de soporte de la secretaria de movilidad.

**Resultados información primaria (2017)**

En el análisis se encontró que la mitad de la población biciusuario se había accidentado alguna vez en su trayecto, ésta es una cifra alarmante, lo que provoca preocupación y motivación para proporcionar ayuda y disminuir esta cifra, la cual, si no se brinda

ayuda a esta población, seguirá aumentando cada vez más. Del 50% de accidentados el 79% son hombres y el 21% mujeres, donde su edad promedio es de 22 años con el 28%, en la figura 5 se muestran las edades de los biciusuarios que sufrieron accidentes según su género.

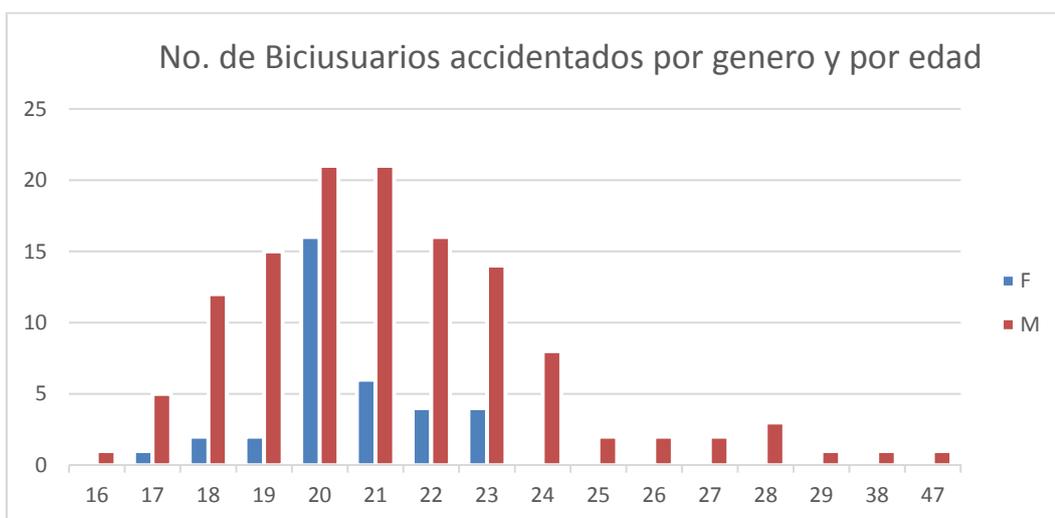


Figura 5. Edades de los biciusuarios accidentados según su género

Con base en los resultados de la encuesta No. 2 se obtuvo que el 56% de la población de biciusuarios encuestados viven en la localidad de Engativá y el 53% de los accidentados también viven en esta

localidad, lo cual ratifica que Engativá es la localidad con más población y con más accidentalidad en este estudio, como se evidencia en la figura 6.

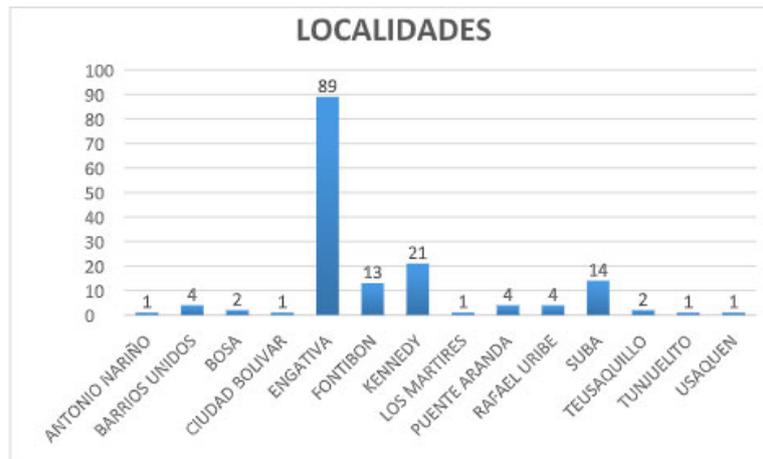


Figura 6. Localidades de los biciusuarios de Bogotá

De esta población afectada se obtienen las siguientes variables, las cuales les afectaban la movilidad e incurrieron en

accidentes según los biciusuarios (Figura 7).

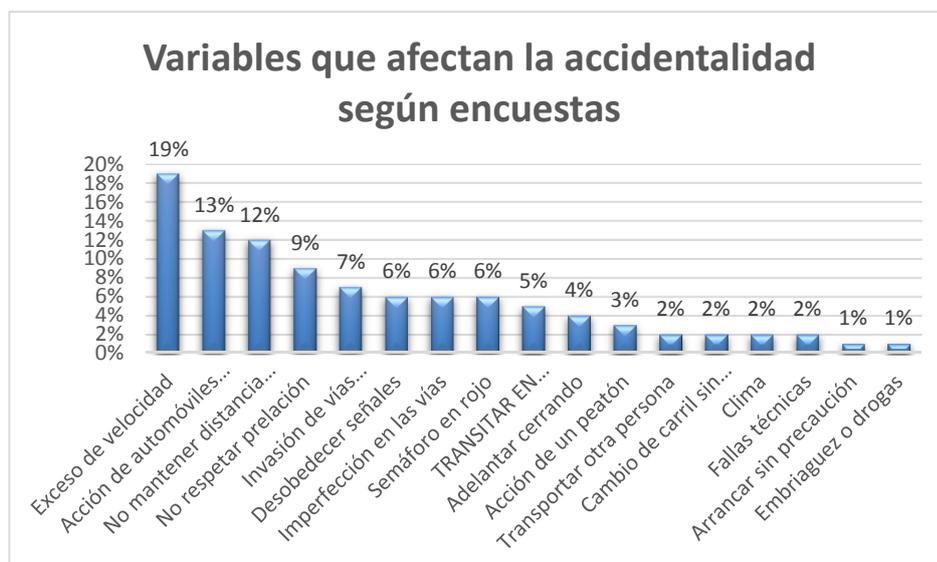


Figura 7. Variables que afectaban la movilidad e incurrieron en accidentes según biciusuarios

Teniendo las variables más importantes que afectaban la movilidad e incurrían en los accidentes según la opinión de los bicisuarios mediante las encuestas (Small Data), se comparan con las de la secretaria de movilidad, los cuales analizamos con metodologías de Big Data, para saber si tienen comportamientos similares.

**Unificación de las variables**

Por medio de un criterio según la caracterización de riesgos de Jiménez

Castro y Diaz Anacona (Jiménez Castro, Díaz Anacona, & Meneses Veloza, 2017) las variables más significativas fueron tomadas para su clasificación y análisis, a partir del porcentaje de ocurrencia; obtenidas de la recopilación de información según la secretaria de movilidad y según la descripción del accidente que cada bicisuario, extraída de las encuestas y se unificaron como se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2 variables significativas para un accidente**

%	VARIABLES SEGÚN INFORME DE SECRETARÍA DE MOVILIDAD	VARIABLES OBTENIDAS SEGÚN ENCUESTAS	%
5,61%	No mantener distancia de seguridad	No mantener distancia de seguridad	12%
4,65%	Semáforo en rojo	Semáforo en rojo	6%
19,57%	Desobedecer señales	Desobedecer señales	6%
6,21%	Transitar en contravía	Transitar en contravía	5%
7,04%	Adelantar cerrando	Adelantar cerrando	4%
3,22%	No respetar prelación	No respetar prelación	9%
13,72%	Otra	Exceso de velocidad	19%
6,09%	Transitar distante de la acera u orilla de la calzada	Acción de automóviles o motos	13%
4,30%	Girar bruscamente	Invasión de vías (personas, animales u objetos)	7%
		Imperfección en las vías	

**Resultados encuesta 2 y secretaria de movilidad 2018.**

Las variables resaltadas en verde fueron las variables en las que diferían los dos estudios, pero que de igual manera eran representativas para este proyecto. Exceso de velocidad es una variable que tiene un alto porcentaje en la información primaria, pero que en la información secundaria no se encuentra dentro de una de las variables más influyentes, estas diferencias son

importantes para este estudio, para conocer realmente las variables influyentes.

**Análisis de las variables**

Con el fin de categorizar las variables obtenidas, se inició con un análisis de factores para reducir a las variables con mayor ocurrencia en la accidentalidad para posteriormente analizarlas a través de la matriz de Vester.

### Análisis de factores

Con el fin de centrar el estudio a las causales principales de un accidente, se realiza un análisis de factores según los resultados del reporte de la secretaria de movilidad, teniendo en cuenta el porcentaje de ocurrencia de cada uno (Secretaria de Movilidad, 2016). De este análisis se determinó que no mantener

distancia de seguridad, desobedecer señales, transitar en contravía y transitar distante de la acera u orilla (tabla 3) son las causales más primordiales a tener en cuenta según el criterio de tomar aquellos factores superiores a 5.5%; esto aplicando la fórmula 2.

$$\% \text{ factores} = \frac{\text{Ocurrencia}}{\sum \text{Ocurrencia de factores}} \quad (2)$$

**Tabla 3.** Análisis de factores según ocurrencia

	Causa	Frecuencia	%
P1	No mantener distancia de seguridad	47	5,61%
P2	No respetar el semáforo en rojo	39	4,65%
P3	Desobedecer señales	164	19,57%
P4	Transitar en contravía	52	6,21%
P5	Adelantar cerrando	59	7,04%
P6	No respetar prelación	27	3,22%
P7	Exceso de velocidad	12	1,43%
P8	Acción de automóviles o motos	16	1,91%
P9	Invasión de vías (personas, animales u objetos)	11	1,31%
P10	Transitar distante de la acera u orilla de la calzada	51	6,09%
P11	Girar bruscamente	36	4,30%
P12	Genero	3	0,36%

### Priorización de variables con Matriz de Vester

Debido a que aún se tenían muchas variables, se optó por usar la herramienta de la matriz de Vester para priorizar las variables problema críticas. Al ingresar

todos los datos a la matriz se obtuvo la tabla 4. De la matriz presentada en la tabla x, se obtuvieron las coordenadas, con las cuales se graficaron en el plano de resultados de la matriz de Vester, presentada en la figura 8.

Tabla 4. Matriz de Vester

Factor	Causa	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	X
Prudencia	No mantener distancia de seguridad	0	0	0	0	3	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	8
	No respetar el semáforo en rojo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Desobedecer señales	0	3	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	10
	Transitar en contravía	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	Adelantar cerrando	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	2	1	11
	No respetar prelación	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Exceso de velocidad	1	2	2	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	3	12
	Acción de automóviles o motos	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
	Invasión de vías (personas, animales u objetos)	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5
	Transitar distante de la acera u orilla de la calzada	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ciclista	Girar bruscamente	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Genero	2	2	2	2	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	16
Infraestructura	Edad	2	1	2	2	2	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	15
	Imperfección en las vías	3	0	1	1	1	0	3	2	2	0	2	0	0	0	0	15
Entorno	Día de la semana con más afluencia	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Y		15	10	15	8	8	5	13	8	2	5	9	0	0	13	1	

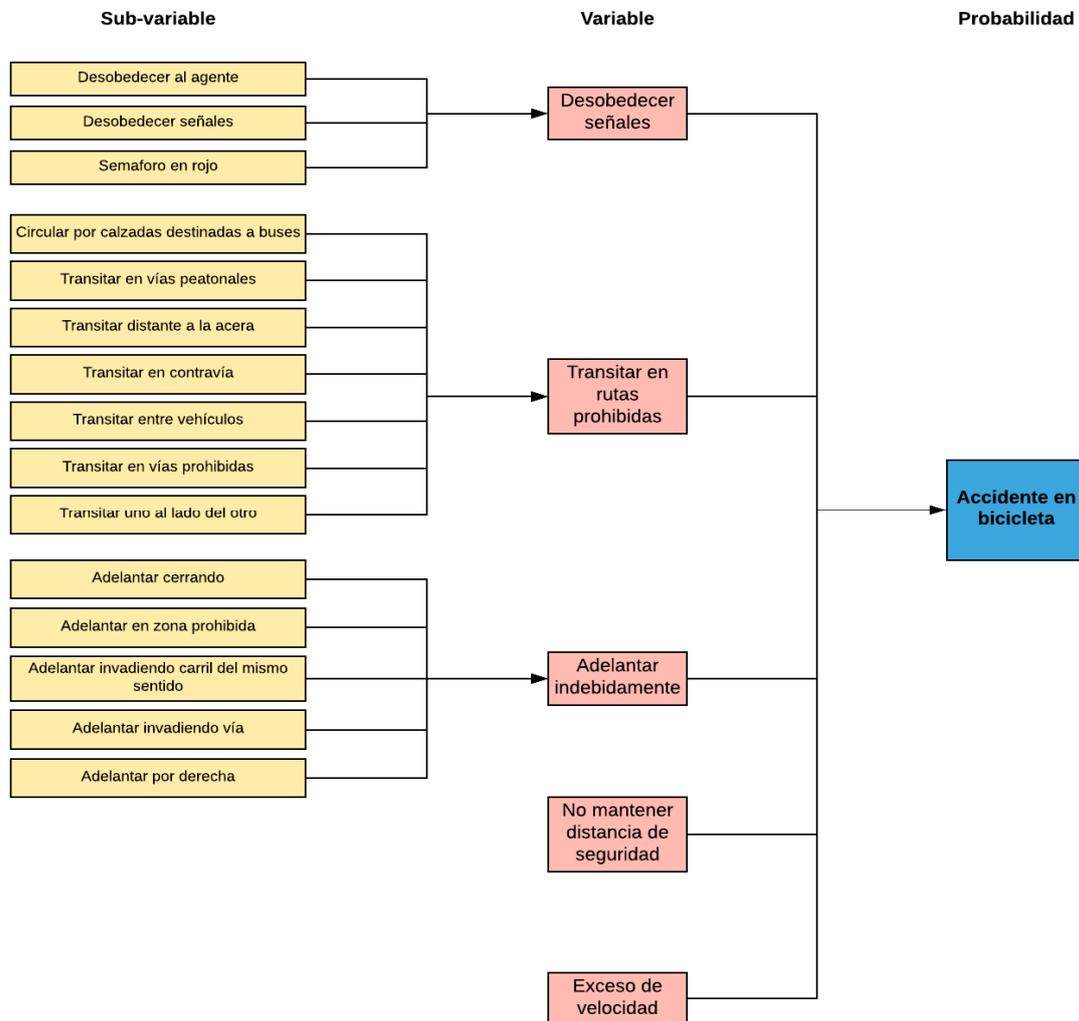


Figura 8. Plano cartesiano de los resultados de la matriz de Vester

De esta manera se hicieron más visible las variables críticas que son las del cuadrante superior derecho. Del plano anterior se clasificaron las variables en causas, efectos, problema central que son los críticos y los indiferentes. Se realizó un análisis de consistencia para ratificar que los resultados fueran los esperados y no tuvieran error.

**Resultados finales**

Las variables críticas son: no mantener distancia de seguridad, desobedecer señales, adelantar cerrando, exceso de velocidad, imperfección en las vías. Cada una de las variables tiene sub-variables las cuáles muestran específicamente cómo se desencadena en un accidente, estos eventos y sub-variables están relacionadas y representados en el diagrama de la Figura 9.



**Figura 9.** Diagrama de las variables más influyentes en la accidentalidad

Después de la categorización realizada con el análisis de factores y la matriz de Vester, se procedió a elaborar el árbol de sucesos inicial según la NTP 328 (1996), se ingresan las variables significativas y además en una ecuación para que no se extienda mucho el árbol se incorpora el género, la edad, el día

de la semana en el cual el bicisuario se transporta, todo esto para poder hallar una probabilidad más exacta, ésta ecuación no se expone aun porque se encuentra en proceso. El boceto del árbol de sucesos es el presentado en la figura 10.

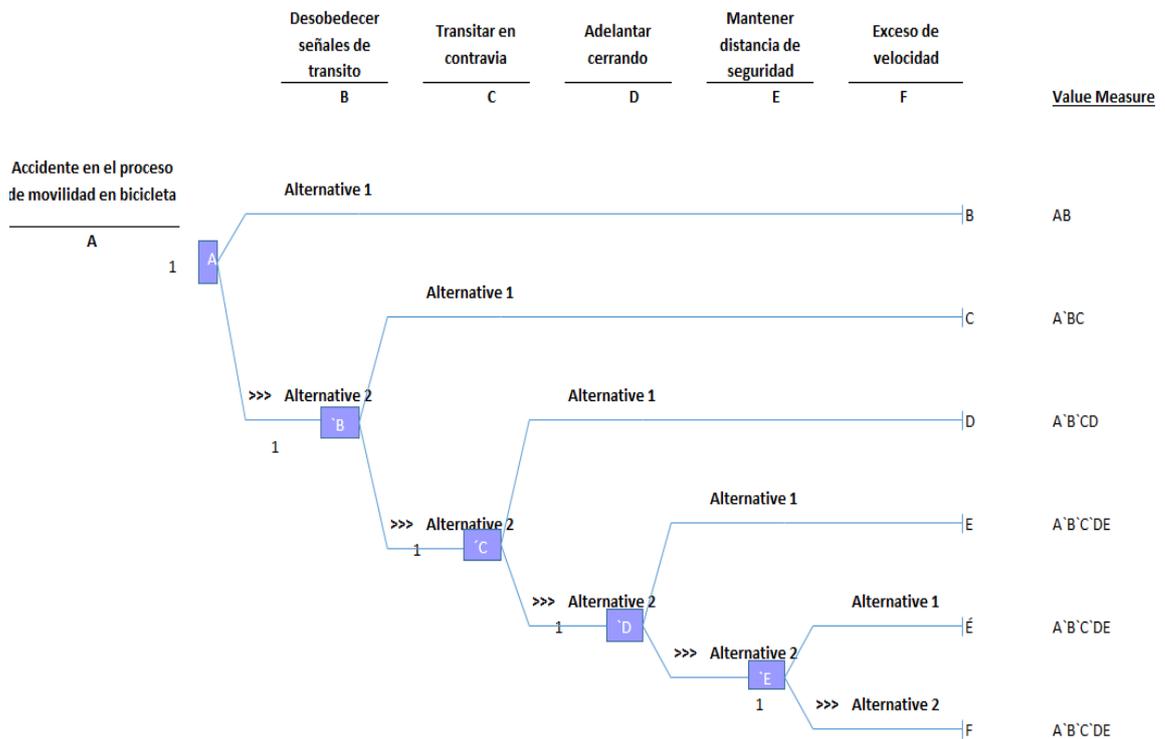


Figura 10. Diagrama de árbol de sucesos de la accidentalidad en bicicleta

### Discusión

Con base en los resultados obtenidos y las políticas públicas del gobierno de la ciudad, se observan que los proyectos que se están desarrollando para promover el uso de la bicicleta se centran en la creación y mejora de infraestructura (Cerón, 2018) y a nivel de riesgos se centra en planes antirrobo de bicicletas mediante el registro virtual de propietarios (Giraldo, 2018) todo

esto con el fin de que el uso de la bicicleta tenga mayor uso en movilidad, pero la realidad de los usuarios desde la información de bicisuarios de una localidad muestran una realidad diferente. Desde este proyecto se puede observar que la secretaria de movilidad trabaja con información global de los accidentes de los bicisuarios, identificando las causas inmediatas del accidente y no las causas

básicas. No obstante, la percepción del bicisuario es diferente puesto que se presentan diferentes variables de riesgo de accidentalidad tales como la acción de automóviles en la vía o la misma invasión de esta por personas animales u objetos, el exceso de velocidad o el desconocimiento de las normas que acogen a los bicisuarios, en este caso la percepción de los ciclistas.

Con base en los anterior se concluye que las proyectos definidos únicamente con la información obtenida de la base de datos, en el caso presentado a nivel de la ciudad, dejan sin validez realidades de información que pueden definir planes de gran importancia a nivel de las localidades de la ciudad, ya que tienen mayor significado en el bici-ciudadano común en este caso en la prevención de la accidentalidad (S.D.M., 2013). Un ejemplo de ello está en el hecho de no encontrar en la información de la Secretaria de Movilidad de la ciudad como variables relevantes (más del 10% de participación del total) el daño de la cicloruta que escasamente se reporta en un 6%, mientras que para los bicisuarios encuestados es una variable significativa.

Tanto en la encuesta de la ciudad como en las encuestas de los bicisuarios, el riesgo de hurto no fue la causa significativa de ocurrencia de accidentes, pero se observan muchos planes del gobierno local en este

punto. Temas como la falta de conectividad de las ciclorutas obligan al bicisuario a compartir vía con otros vehículos. Esto ha muestra un nivel alto accidentalidad de estrellados contra diferentes vehículos tanto livianos como pesados como lo muestra el informe del Plan Bici del año 2017, de la Secretaria de Movilidad de Bogotá.

Por otra parte, al revisar la información de fuentes externas como los papes y las bases de datos de la Secretaria de Movilidad en contraste con las encuestas de la localidad, se observa que los resultados de estos estudios muestran un aspecto del problema de accidentalidad o se enfocan en un aspecto específico del proceso de movilidad en bicicleta. Por ello se encuentran muchas variables que afectan la accidentalidad.

Por ello este estudio en la identificación de variables significativas que afectan la accidentalidad se encuentra evidencia que se centra en las acciones del bicisuario, pero muy pocas en la infraestructura o entorno (por ejemplo, como la cultura vial de los demás actores viales).

Por ello se considera que un análisis integral de todas las variables y su importancia en la accidentalidad diaria un aporte para definir cuáles son más importantes atacar inicialmente y lograr con su intervención una mejora en las tasas de accidentalidad.

## CONCLUSIONES

Las técnicas que se utilizan en ingeniería industrial para la representación de procesos y procedimientos, no alcanzan a representar la complejidad del proceso y los riesgos de movilidad en bicicleta. Se deben implementar otras metodologías, cómo emplear la NTP 328 el análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos, puesto que por medio de un diagrama gráfico a partir de sucesos desencadenantes indeseados se puede averiguar la probabilidad de un evento, en este caso del accidente; por lo tanto, esta metodología es la que más se adapta al proceso de movilidad en bicicleta.

A pesar que desde el panorama de la base de datos suministrada por la Secretaría de movilidad y la obtenida de los biciusuarios, se reflejen diversas variables en común también se observan aquellas en las que ponen a las entidades gubernamentales en evidencia de qué hay factores que pasan por alto tales como imperfecciones en la infraestructura y falta de señales de tránsito, y del mismo modo para los ciudadanos que por evitar sanciones o multas omiten las causas del accidente así como el exceso de velocidad,

el estado de embriaguez o drogas o la falta de mantenimiento de la bicicleta.

La agencia nacional vial no posee políticas públicas ni planes de emergencia para mitigar los altos índices de accidentalidad en bicicleta. Es un hecho que la población biciusuaría está creciendo cada vez más, pero, así como crece la población de biciusuarios también crece accidentalidad representada con las lesiones y muertes de los individuos.

Las variables significativas para que se pueda incurrir en un accidente en el proceso de movilidad en bicicleta son: desobedecer señales, transitar en contravía, adelantar cerrando, no mantener distancia y exceso de velocidad

Este proyecto se pretende expandir a todas las localidades de Bogotá, esto se va a realizar con la ayuda y asesoría de la secretaria de movilidad la cual se encuentra interesada en el proyecto, y desde un comienzo ha brindado información para el estado del arte.

Esta es la primera aproximación del modelo. El árbol de sucesos se irá ajustando según la validación del modelo y se ampliará cuando se incorporen las demás localidades.

## REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaria General . (2018). *Más de 835.000 personas se mueven en bicicleta en Bogotá*. Recuperado de <http://www.bogota.gov.co/temas-de->

[ciudad/movilidad/cuantas-personas-se-mueven-en-bicicleta-en-bogota](http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/cuantas-personas-se-mueven-en-bicicleta-en-bogota)

Aldred, R. (2013). Incompetent or Too Competent? Negotiating Everyday Cycling

- Identities in a Motor Dominated Society. *Mobilities*, 8 (2), 252-271. DOI: <https://doi.org/10.1080/17450101.2012.696342>
- Ríos, R.; Taddia, A.; Pardo, C. & Lleras, N. (2015). *Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe*. Washington D. C.: BID.
- Cerón, F. M. (2018). *La apuesta del POT: menos carros, pero más transporte público y ciclas*. El Tiempo, 15 de diciembre 2018, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/bogota/propuestas-para-el-pot-menos-carros-y-mas-transporte-publico-en-bogota-305626>
- Ferrando, H.; Martín, M.; Molinero, P.; López, J. & García, O. (2011). *Estudio sobre las estrategias de promoción de la bicicleta como medio de transporte en las Ciudades españolas*. Barcelona: Bicicleta Club de Barcelona/DGT. Recuperado de <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/estudios-e-informes/INFORME-ESTUDIO-SOBRE-LAS-ESTRATEGIAS-DE-PROMOCION-DE-LA-BICICLETA-9.pdf>
- Giraldo, M. (2018). Más de 2 mil ciclistas han creado su usuario y 475 ya cuentan con el sticker de marcación en sus bicicletas. Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de: <http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/como-registrar-la-bicicleta-en-bogota>
- Jiménez Castro, J.; Díaz Anacona, T. & Meneses Veloza, S. (2017). Caracterización de los riesgos de movilidad en bicicleta en una institución de educación superior en la localidad de Engativá, Bogotá. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 14 (1), 46-61. DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.1282>
- LogMovilidad (2014). *Formulación del plan maestro de movilidad para BOGOTÁ D.C., que incluye ordenamiento de estacionamientos*. Bogotá D. C., Colombia.
- Marqués, R.; Hernández-Herradora, V.; Calvo-Salazar, M. & García-Cebrián, J. (2015). How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Research in Transportation Economics*, 53, 31-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.10.017>
- Mintrabajo y Asuntos sociales España. (1994). NTP 328: Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_328.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_328.pdf)
- Movilidad, S. d. (2018). *Siniestros Ciclistas Engativa*. Bogotá D.C.
- Rueda, L. E. (2016). *El decálogo para ser un buen biciusuario, con o sin motor*. El Tiempo, 08 de abril 2016, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16558651>
- S.D.M. (2013). *Proyecto de Pacto "seguridad vial para los ciclousuarios"*. Bogotá D.C.: Secretaria Distrital de Movilidad.
- Secretaria de Movilidad (2016)**. La bicicleta en Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de <http://www.simur.gov.co/documents/10180/100374/Plan+Bici/cc9f22a4-4375-4f22-8aaf-c3229d31f3d6>
- Universidad de los Andes (Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional - SUR), Cámara de Comercio de Bogotá. (2016 ). *Observatorio de Movilidad, reporte anual de movilidad 2015*. Universidad de los Andes, Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional - SUR. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Universidad de los Andes. (2015). *Observatorio de Movilidad*. Bogotá D.C.
- Vicente, T. & Hormaeche, I. (2006). La bicicleta

Como medio de transporte. Puntos de vista de las personas usuarias y expertas. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Recuperado de [http://www.bizkaia.eus/fitxategiak/07/Mediat\\_eka/2\\_La%20bicicleta%20como%20medio%20](http://www.bizkaia.eus/fitxategiak/07/Mediat_eka/2_La%20bicicleta%20como%20medio%20)

[de%20transporte\\_cas.pdf?hash=b3bb03617e41ec3c8e0f8aa09234b263](de%20transporte_cas.pdf?hash=b3bb03617e41ec3c8e0f8aa09234b263)

**Wolff, J. (2015).** Infrastructures de transports et conflits. Toulouse: Presses Universitaires du Midi. Recuperado de <https://journals.openedition.org/soe/2119>

#### **Autores**

**Deison Duarte.** Carrera Ingeniería industrial de la Universidad Libre de Colombia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0509-2031>

Email: [deisons.duartev@unilibrebog.edu.co](mailto:deisons.duartev@unilibrebog.edu.co)

**Katherin Paola López.** Carrera Ingeniería industrial de la Universidad Libre de Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4543-8079>

Email: [katherinp.lopezr@unilibrebog.edu.co](mailto:katherinp.lopezr@unilibrebog.edu.co)

**Ingeniera Sonia Meneses.** Directora del Semillero G-Risk. Universidad Libre de Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0251-8308>

Email: [sonial.menesesv@unilibrebog.edu.co](mailto:sonial.menesesv@unilibrebog.edu.co)

**Recibido:** 27-11-2017

**Aceptado:** 25-10-2018