



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN  
DE INGENIEROS EN LA  
ERA DIGITAL



# DESARROLLO DE UN MODELO DE ACCIDENTALIDAD DE MOVILIDAD EN BICICLETA – ENGATIVÁ

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

**Universidad Libre  
Bogotá, Colombia**

## Resumen

Bogotá se convirtió en una de las ciudades líderes en el uso de la bicicleta como medio de transporte, tiene 392Km de infraestructura en ciclorrutas, pero esto se ve opacado por los altos índices en accidentalidad, actualmente no se reportan estudios sobre los factores que inciden en la accidentalidad; presentándose alrededor de 71 ciclistas muertos y 1271 lesionados para el 2017 (Secretaría de Movilidad, 2016), tasa que ha ido incrementado con los años. Solo hay estadísticas de lesionados y fallecidos. Sin este tipo de análisis, no se puede 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.

En el estudio “Caracterización de riesgos en la accidentalidad de biciusuarios, Bogotá – Engativá” (Duarte et al.) se identificaron 5 variables, las más representativas haciendo uso de análisis de factores y la matriz de Vester. Con estas variables ya identificadas se procede a realizar el análisis estocástico con el fin de determinar la probabilidad de ocurrencia de cada una de estas utilizando la NTP 328 de análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. Para darle confiabilidad al modelo se realizó un análisis por medio de la teoría de conjuntos; lo que da paso a determinar qué factores son los que influyen con otros, concluyendo que el problema de accidentalidad en biciusuarios es multicausal, y no mono causal como lo da a entender la secretaria de movilidad y que no hay política pública en prevención de accidentes si no en infraestructura. Entonces el aporte que se quiere dar con esta investigación es un enfoque multicausal de los accidentes teniendo en cuenta la realidad misma de esta actividad.

**Palabras clave:** bici-usuarios; movilidad; accidentalidad; árbol de sucesos; variables

## Abstract

Bogotá became one of the leading cities in the use of bicycles as a means of transport, has 392Km of infrastructure in bike paths but this is overshadowed by the high rates of accidents, currently no studies are reported on the factors that affect the accident showing around 71 cyclists killed and 1271 injured for 2017, a rate that has increased over the years. 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.

In the study "Characterization of risks in the accident rate of bicyclists, Bogotá - Engativá" (Duarte et al.), Five variables were identified, the most representative using factor analysis and the Vester matrix. With these variables already identified, stochastic analysis is performed in order to determine the probability of occurrence of each of these using the NTP 328 risk analysis through the event tree. To give reliability to the model, an analysis was made by means of set theory; what gives way to determine what factors are influencing others, concluding that the problem of accidents in bicyclists is multicausal, and not monocausal as it is suggested by the mobility secretary and that there is no public policy on accident prevention if not in infrastructure. So the contribution you want to give with this research is a multicausal approach to accidents taking into account the very reality of this activity.

**Keywords:** bike-users; mobility; accident; event tree; variables

## 1. Introducción

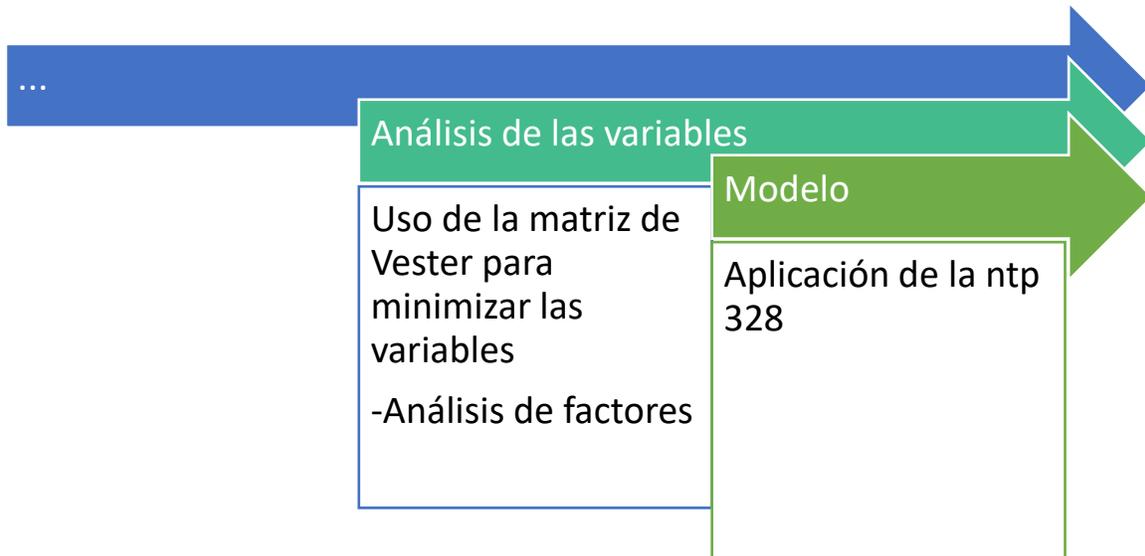
A través de esta investigación, como se venía trabajando (Duarte et al., 2018), busca aclarar y proponer las relaciones que existen entre los accidentes en los que se vea afectado un ciclista y las variables más representativas que lo causan, con el fin de comprender el comportamiento de un siniestro con sus posibles causales y de esta manera brindar información a las entidades pertinentes para que estipulen las diferentes normas de seguridad que consideren necesarias para reducir la tasa de accidentalidad. Este proyecto se realiza enfocado en el para y por los bici usuarios, puesto que en los últimos años la bicicleta ha tenido una gran acogida elevando exponencialmente los viajes diarios en bicicleta que se realizan en la ciudad, pero así mismo se ve elevada la tasa de accidentalidad, y al consultar que investigaciones existen al respecto, solo se evidencian estudios superficiales o tan solo toma de datos de lo que ocurrió en el accidente. Luego con la información recopilada (Duarte & Lopez, 2017) se concluye que estos estudios realizados, describen la accidentalidad en una perspectiva en la que se interpreta que los accidentes son mono causales, pero lo que se logra concluir es que son multicausales y cada una de las variables que se tuvieron en cuenta para esto afectan de una manera directa a cada una de las otras.

## 2. Metodología

Luego de haber culminado las tres primeras etapas del proyecto (Duarte et al, 2018), tal como se muestra en la figura 2, se inició el análisis de las variables utilizando la matriz de Vester como

herramienta de selección y determinación de la importancia de las variables, para su posterior organización a través del análisis de factores. Después de haber logrado esto se continuó con la elaboración del modelo de probabilidad mediante el uso de la NTP 328, logrando así entrelazar las causales con la accidentalidad.

Figura 1. Metodología de la investigación



Fuente: Elaboración de los autores.

A continuación, se describirá el proceso desde el análisis de las variables (Duarte & Lopez, 2017).

**a. Análisis de Factores:**

Dándole continuidad al proyecto (Duarte et al., 2018), en la tabla 3, se presentan las variables que se obtuvieron después de haber hecho el análisis de factores.

Tabla 3. Análisis de Factores

	Causa	Frecuencia	%
P3	Desobedecer señales	164	19,57%
P4	Transitar en contravía	59	7,04%
P5	Adelantar cerrando	52	6,21%
P1	No mantener distancia de seguridad	47	5,61%
P7	Exceso de velocidad	12	1,43%

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo minimizadas las principales causales de accidentalidad se procedió a aplicar la NTP 328 para crear el modelo de probabilidad correspondiente.

## b. Modelo de Probabilidad.

NTP 328: Para poder hallar las probabilidades de accidentarse según las variables priorizadas anteriormente, se realiza análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos (1996). Se empieza asignándole a cada una de las variables una letra mayúscula en orden alfabético con el fin de abreviar las relaciones que se van a hacer posteriormente, de la siguiente manera:

- A** -> ACCIDENTE
- B** -> Desobedecer señales
- C** -> Transitar en contravía
- D** -> Adelantar cerrando
- E** -> No mantener distancia de seguridad
- F** -> Exceso de velocidad

Para obtener la probabilidad de ocurrencia de cada una de las variables, se tiene en cuenta la cantidad total de accidentes en el proceso de movilidad en bicicleta otorgado por la Secretaría de Movilidad, y la ocurrencia de solo las variables en estudio de los últimos 3 años. Esta probabilidad se halla dividiendo la frecuencia sobre el total de accidentes registrados.

Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia de cada variable.

	TOTAL ACCIDENTES	838	838	533
ITEM	REF	Frecuencia	%	%
Accidente en el proceso de movilidad en bicicleta	A	533	63.60%	63.60%
Desobedecer señales	B	205	24.46%	38.46%
Transitar en contravía	C	180	21.48%	33.77%
Adelantar cerrando	D	89	10.62%	16.70%
No mantener distancia de seguridad	E	47	5.61%	8.82%
Exceso de Velocidad	F	12	1.43%	2.25%

Fuente: Elaboración de los autores.

Para conocer las correlaciones entre las variables se toman los resultados de la matriz de Vester de sólo las variables más influyentes, para establecer las relaciones a ingresar al modelo, los resultados de las correlaciones se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5. Correlación de las variables más influyentes en un accidente.

VARIABLES	CORRELACIÓN 1	CORRELACIÓN 2
B	F	C
C		
D	E	F
E		
F		

Fuente: Elaboración de los autores.

Al ingresar al modelo también se tuvo que nombrar las variables que no afectan al evento en cada situación, por lo cual se nombra con un " ' ", para poder diferenciarlo. Se halla la probabilidad de ocurrencia con la siguiente fórmula:

1 – Frecuencia de la variable  
Número total de accidentes

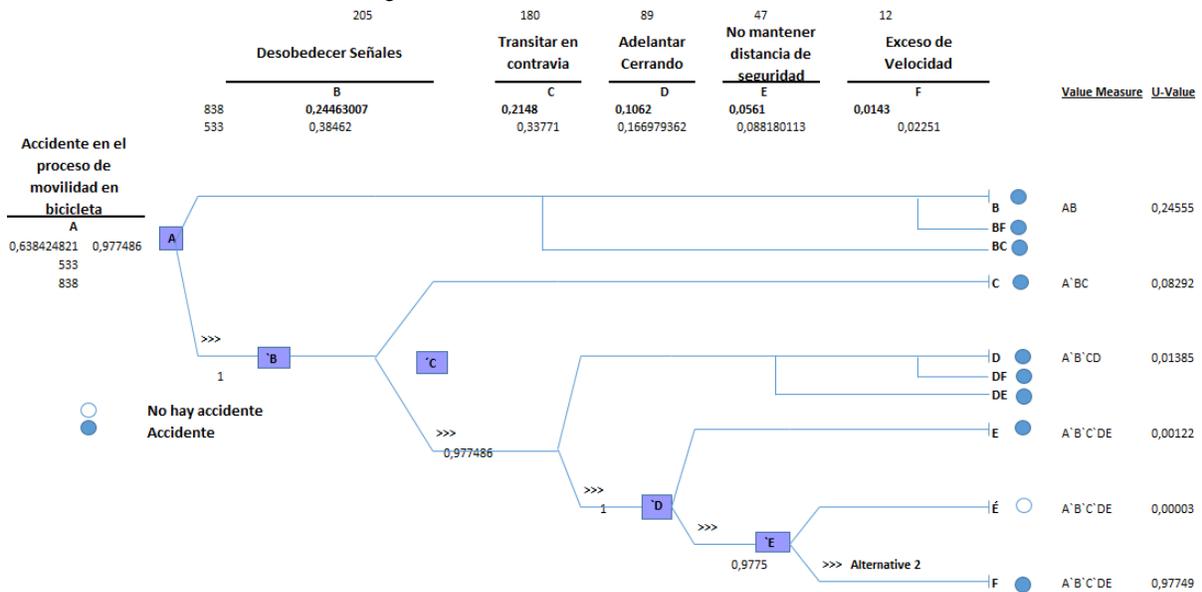
Tabla 6. Probabilidad de ocurrencia de cada variable

ITEM	REF	Frecuencia	%	%
NO	. 'B	328	75.54%	61.54%
	. 'C	353	78.52%	66.23%
	. 'D	444	89.38%	83.30%
	. 'E	486	94.39%	91.18%
	. 'F	521	98.57%	97.75%

Fuente: Elaboración de los autores.

Se ingresan los datos y las variables al modelo, lo cual crea el siguiente árbol de sucesos

Figura 3. Árbol de sucesos de accidentalidad.



Fuente: Elaboración de los autores.

Teniendo en cuenta los datos ya calculados y el modelo de probabilidad obtenido, se procedió a aplicar las diferentes correlaciones, para conocer como es el comportamiento de cada variable frente a otras, según el teorema de Conjuntos (Castillo, 2011), el cual se aplica debido a que el problema en estudio tiene un comportamiento multicausal y para poder comprenderlo debemos estudiar primeramente la participación de cada una de las causales en relación directa con el accidente y posteriormente la relación entre sí, donde la probabilidad de que ocurra un accidente para cada situación es igual al producto de probabilidades de cada uno de los sucesos desencadenantes; como se presenta a continuación:

$$A \cap B = 0,24463 / 0,6384248 = 0,156178$$

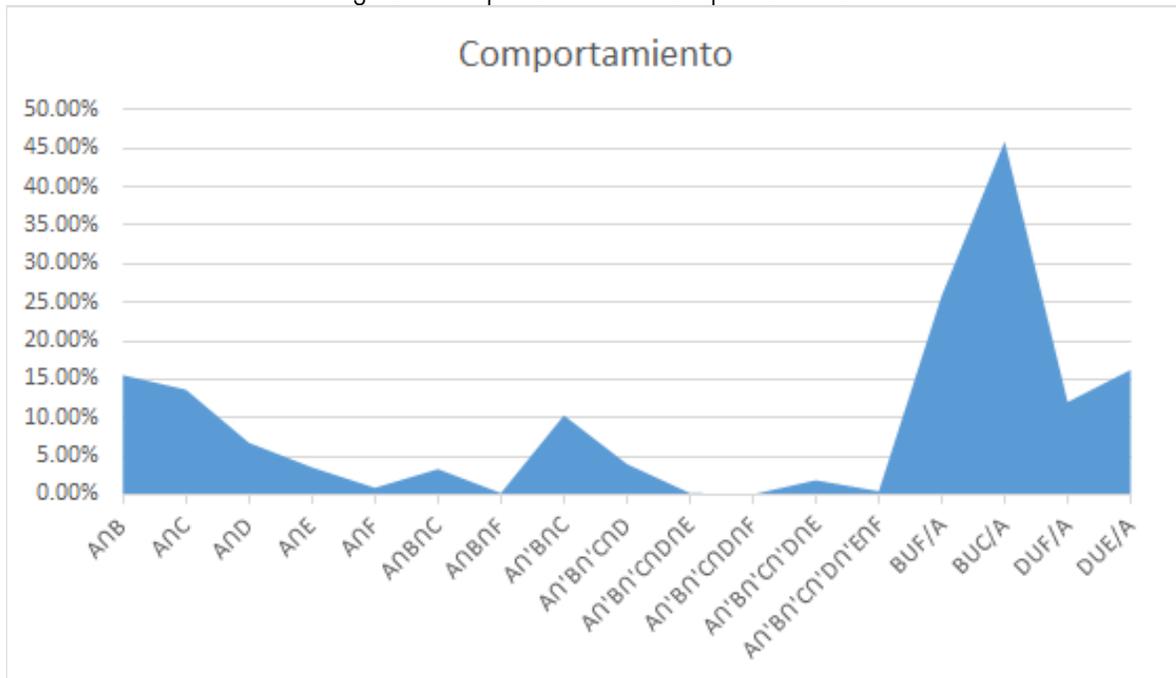
$$A \cap B \cap F = 0,24463 * 0,6384248 * 0,01 = 0,002236$$

$$A \cap B \cap C = 0,24463 * 0,6384248 * 0,21 = 0,033547$$

$$A \cap B \cap C = 0,6384248 * 0,7553699 * 0,21 = 0,103585$$

$$\begin{aligned}
 A \cap B \cap C \cap D &= 0,6384248 * 0,7553699 * 0,7852029 * 0,11 = 0,040216 \\
 A \cap B \cap C \cap D \cap E &= 0,6384248 * 0,7553699 * 0,7852029 * 0,11 * 0,06 = 0,002256 \\
 A \cap B \cap C \cap D \cap F &= 0,6384248 * 0,7553699 * 0,7852029 * 0,11 * 0,01 = 0,000576 \\
 A \cap B \cap C \cap D \cap E &= 0,6384248 * 0,7553699 * 0,7852029 * 0,8937947 * 0,06 = 0,018982 \\
 A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F &= 0,6384248 * 0,7553699 * 0,7852029 * 0,8937947 * 0,9439141 * 0,01 \\
 &= 0,004575
 \end{aligned}$$

Figura 4. Comportamiento de cada probabilidad.



Fuente: Elaboración de los autores.

El modelo como se puede apreciar, las variables que mayor consecuencia tienen a la hora de que se presente un accidente son el desobedecer señales y transitar en contravía con un 45,94%, esto puede verse afectado por los deterioros de la infraestructura o a las señales de tránsito; por otra parte está el desobedecer señales excediendo la velocidad con un 25,89% y puede verse causado por el desconocimiento por parte de los ciclistas de los límites de velocidad.

### 3. Conclusiones

La idea de este proyecto es que se expanda a no solo las localidades de Bogotá, si no también a todas las ciudades que estén empezando a desarrollar proyectos que impulsen el uso de la bicicleta, adaptando el proyecto a cada una según sus condiciones y características específicas, con el fin de que puedan tener anticipadamente ciertas estrategias que ayuden a contribuir con la disminución de la tasa de accidentalidad.

El comportamiento de la accidentalidad en bicicletas, con respecto a sus causales, es multicausal, es decir para poder comprender por qué o como se puede originar un accidente, es necesario ver

todas las posibles causas que pudieron haber afectado éste, desde el entorno, terceros, infraestructura hasta la condición de la bicicleta; todo estos factores pueden contribuir a que el estudio contemple una situación de la vida real.

Por medio del modelo de probabilidad se determinó que las variables que afectan con mayor influencia el proceso de movilidad en bicicleta son: desobedecer señales, transitar en contravía, adelantar cerrando, desobedecer señales acompañado de transitar en contravía y no mantener distancia de seguridad. Estas variables son las principales variables a tener en cuenta para plantear estrategias para disminuir la accidentalidad.

#### 4. Referencias

- Castillo, C. I. (2011). *LÓGICA Y TEORÍA DE CONJUNTOS*. Valencia: Universidad de Valencia, Facultad de Economía.
- Duarte et al. (2018). Caracterización de riesgos en la accidentalidad de biciusuarios. Bogotá – Engativá. *Revista de Ingeniería Industrial Actualidad y Nuevas Tendencias*, p. 93-108.
- Duarte, D., & Lopez, K. (2017). CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES QUE AFECTAN LA ACCIDENTALIDAD DE LA MOVILIDAD EN BICICLETA EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ EN LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE BOSQUE POPULAR. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2017*.
- Iglesias, C. M. (2008). *Tesis doctorales de Economía*. Obtenido de ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA CONTRIBUIR A LA FORMACIÓN DE LA HABILIDAD PROFESIONAL ESENCIAL “REALIZAR EL PASO DEL SISTEMA REAL AL ESQUEMA DE ANÁLISIS” EN EL INGENIERO MECÁNICO: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2008/cmci/Metodologia%20para%20la%20aplicacion%20de%20la%20MATRIZ%20DE%20VESTER.htm> ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA CONTRIBUIR A LA FORMACIÓN DE LA HABILIDAD PROFESIONAL ESENCIAL “REALIZAR EL PASO DEL SISTEMA REAL AL ESQUEMA
- Secretaria de Movilidad. (2016). *La bicicleta en Bogotá (Plan Bici)*. Obtenido de Plan Bici.

#### Sobre los autores

- **Deison Stevens Duarte Vargas**. Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Libre. Email: [deisons.duartev@unilibrebog.edu.co](mailto:deisons.duartev@unilibrebog.edu.co)
- **Katherin Paola López Rodríguez**. Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Libre. Email: [katherinp.lopezr@unilibrebog.edu.co](mailto:katherinp.lopezr@unilibrebog.edu.co)
- **Sonia Meneses Velosa**. Ingeniera Industrial, directora del semillero de Investigación G-Risk. Email: [sonial.menesesv@unilibre.edu.co](mailto:sonial.menesesv@unilibre.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)