

EFFECTOS DEL CONTROL SOCIAL PRO PEATÓN EN EL COMPORTAMIENTO DE  
LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES

JAIRO J. PÉREZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
DOCTORADO EN INGENIERÍA  
MEDELLÍN

2021

EFFECTOS DEL CONTROL SOCIAL PRO PEATÓN EN EL COMPORTAMIENTO DE  
LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES

JAIRO J. PÉREZ

Tesis de doctorado para optar al título de Doctor en Ingeniería

Director  
MANUEL J. BETANCUR  
Doctor en Ingeniería

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
DOCTORADO EN INGENIERÍA  
MEDELLÍN  
2021

26 de abril 2021

**Jairo José Pérez García**

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, párrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma del autor (es)



Jairo Pérez García

---

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma  
Nombre  
Presidente del jurado

---

Firma  
Nombre  
Jurado

---

Firma  
Nombre  
Jurado

Medellín, abril 26 de 2021

## **DEDICATORIA**

Para Cecilia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor Manuel J. Betancur por su paciencia.

## **PREFACIO**

Este documento presenta los resultados de mi trabajo como estudiante de doctorado. Obedece al orden metodológico establecido para lograr el objetivo general, que es: *determinar los efectos del control social, mediante un modelo computacional que incluya una métrica social, en el cambio de comportamiento en los conductores de vehículos automotores en los pasos peatonales, cuando se introduce en sociedad un instrumento de empoderamiento pro peatón*. Es un aporte desde la ingeniería, que constituye nuevo conocimiento, dirigido a la potencial solución de un problema social, el incumplimiento a las normas pro peatón. El texto se presenta fraccionado en dos capítulos principales, con contenidos en la forma usada para publicaciones científicas, en seguridad vial y en simulación computacional. Sus secciones están en estructura libre, según lo establecen las guías para autores de las revistas *Safety Science* y *Systems Research and Behavioral Science*, las cuales fueron tomadas como un punto de partida para su posterior sometimiento.

Los contenidos apelan al cumplimiento de los tres objetivos específicos aprobados en la propuesta doctoral, así: el primer capítulo contiene los resultados del objetivo específico 1) *Diseñar una métrica social que permita cuantificar el grado de cumplimiento a la norma por parte de los conductores en las interacciones en pasos peatonales*, y el segundo muestra lo comprometido en el objetivo específico 2) *Desarrollar un modelo para simulación computacional social, que permita estimar el cambio de comportamiento de los conductores en pasos peatonales, conjugando el control social con las inversiones en divulgación y educación vial*. El cumplimiento del objetivo 3) *Evaluar los cambios de comportamiento pro peatón de conductores al introducir un instrumento de empoderamiento peatonal en un entorno controlado* se encuentra repartido en el apartado RESULTADOS del capítulo inicial y Validación del Modelo del capítulo final.

Uno de los retos más importantes que afronta este documento, elaborado en forma sintética como borrador de dos artículos científicos, es demostrar la ejecución metodológica comprometida, dado que se encuentra enfrentado con la extensión de texto establecida por el grupo de editores de las revistas indicadas. Por lo anterior, como complemento, presento un tercer capítulo donde expongo la respuesta a la pregunta de investigación, y un anexo con producción científica resultante de mi proceso de formación.

# TABLA DE CONTENIDO

## CAPÍTULO I

---

### ANÁLISIS DE CONDUCTAS DE RIESGO A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE RESPETO EN PASOS PEATONALES NO SEMAFORIZADOS

I	INTRODUCCIÓN	2
I.I.	Antecedentes	3
I.II.	Cultura Ciudadana	4
I.III.	Respeto	4
I.IV.	Medición de la conducta de respeto al peatón	5
II	METODOLOGÍA	7
II.I.	Operacionalización del incumplimiento a la norma pro peatón	8
II.II.	Análisis diferencial tipo delta	15
II.III.	Percepción del Subíndice de Respeto al Peatón	16
II.IV.	Análisis gráfico de Índice de Irrespeto al Peatón y Subíndice de Respeto al Peatón	17
III	RESULTADOS	18
III.I.	Aplicación del análisis diferencial tipo delta	22
III.II.	Análisis gráfico del Índice de Respeto al Peatón	24
IV	CONCLUSIONES	26
V	AGRADECIMIENTOS	27
VI	REFERENCIAS	27

## CAPÍTULO II

---

### ¿PUEDE EL CONTROL, LA NORMA Y LAS INTERVENCIONES SOCIALES DISMINUIR EL INCUMPLIMIENTO A LA NORMA LEGAL PRO PEATÓN, POR PARTE DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN MEDELLÍN?

I	INTRODUCCIÓN	2
II	MODELO DE SIMULACIÓN SOCIAL	3
II.I	Articulación del problema	3
II.II	Conceptualización del modelo	6
II.III	Formulación del modelo	15
II.IV	Validación estadística del modelo	18
II.V	Simulación y análisis de políticas	19
III	CONCLUSIONES	25
IV	AGRADECIMIENTOS	26
V	REFERENCIAS	26

### **CAPÍTULO III**

---

**PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN: ¿CUÁL SERÍA EL EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS CONDUCTORES, EN PASOS PEATONALES, AL INTRODUCIR EN SOCIEDAD UN INSTRUMENTO DE EMPODERAMIENTO PEATONAL?**

RESPUESTA A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1

### **ANEXOS**

---

**PRODUCCIÓN CIENTÍFICA**

# **CAPÍTULO I**

## **Análisis de conductas de riesgo a través de la medición de respeto en pasos peatonales no semaforizados**

**Jairo J. Pérez**

jairojose.perez@upb.edu.co

**Jenny A. Castaño**

jenny.castano@upb.edu.co

**Manuel J. Betancur**

manuel.betancur@upb.edu.co

Universidad Pontificia Bolivariana. Dirección: Circular 1. # 70- 01. Medellín. Colombia.

Autor de correspondencia: correo-e jairojose.perez@upb.edu.co. Dirección: Universidad Pontificia Bolivariana. Bloque 22. Circular 1. # 73-76. Medellín 050031. Colombia.

## RESUMEN

La transgresión a las normas de tránsito ha sido señalada como un predictor de incidentes viales y constituye conductas de riesgo; sin embargo, el cumplimiento a dichas normas y, en consecuencia, el respeto entre los usuarios de la vía, es todavía incierto en Medellín. Este trabajo describe el desarrollo e implementación de dos métricas sociales que permiten calcular el nivel de cumplimiento a las normas pro peatón para evaluar el respeto de conductores a peatones en un campus universitario. Se analizaron 2892 interacciones en tres tipos de cruces peatonales no semaforizados, después de realizar nueve intervenciones sociales, en un lapso de 29 meses, y se determinó que: a) la fracción de respeto al peatón fue 52.3 %, b) el mayor número de transgresiones fue no priorizar peatón en los cruces permitidos (95 %), c) el cumplimiento a la norma de no estacionar sobre pasos peatonales fue la que recibió mayor importancia por parte de la autoridad (34.7%), y d) el paso peatonal de tipo cebra fue donde menos se respetó al peatón (18.8 %). Los resultados sugieren que los cálculos relativos a la conducta segura, de respeto al peatón, son reducibles al cumplimiento de la dimensión normativa de priorizarlos en los cruces permitidos, y podrían aportar a la reducción de la incidentalidad vial y al mejoramiento del entendimiento de la relación peatón-conductor en cuanto al cumplimiento a la norma como forma de respeto.

**Palabras clave:** respeto, peatón, índice, interacción social, norma legal.

# I INTRODUCCIÓN

Las lesiones (en inglés *Road Traffic Injuries - RTI*) y fatalidades por incidentes viales (en inglés *Road Traffic Fatalities – RTF*) son el resultado de un evento en el que se transfiere energía cinética a superficies vivas durante la movilidad [1]. La Psicología del Tráfico y, en particular, la literatura enfocada en los perfiles de conducción, revela que tales resultados son precedidos por las conductas de riesgo causadas, principalmente, por la Violación o Transgresión a las Normas de Tránsito (VTNT) (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2016; De Winter & Dodou, 2010; Durán & Moreno, 2016; Jung, Qin, & Oh, 2016; Sümer, 2003; Useche, Alonso, Montoro, & Esteban, 2018; Warner & Åberg, 2014; Zhang et al., 2018), la cual incrementa sistemáticamente el número de conflictos entre los usuarios de las vías. A pesar de estos hallazgos, y de los progresos para contrarrestar dichos conflictos, las cifras RTI y RTF continúan siendo alarmantes [10] y reflejan una de las mayores tragedias humanas, solo comparables con el número de víctimas que ocasionan los conflictos armados o las catástrofes naturales [11].

Los conflictos entre los usuarios de la vía corresponden a fallas en su interacción y generan la base de un fenómeno multidimensional de incumplimiento a las normas de tránsito que por pequeño, insignificante, trivial o cotidiano que parezca afecta de manera directa a “la construcción de lo social” [12]–[14]. Como un aporte a su reducción, Kaparias et al. (2015) enfatiza en la necesidad de evaluar el conflicto conductor-peatón a través del análisis de la confianza de los peatones al cruzar una calle y la tolerancia de los conductores cuando interactúan con ellos. Así las cosas, y para reforzar esta propuesta, el mejoramiento de la interacción es señalado por De Dios Izquierdo et al. (2013) como una de las claves para resolver dichos conflictos viales, y argumenta que cuando las normas legales son obedecidas, se contribuye, de forma importante, al desarrollo social y bienestar humano.

La propagación del fenómeno de incumplimiento a las normas de tránsito por conductores representa un problema cultural al ser reforzado por el aprendizaje social de conductas de riesgo. En América Latina se manifiesta en interacciones, gobernadas por el desorden colectivo, donde se justifica a la conducta de riesgo y se le legitima socialmente [17]. En particular, en Colombia, una sociedad colectivista, de acuerdo con los puntajes asignados en la clasificación del modelo de cultura nacional de Hofstede [18], se da gran importancia a las normas informales y se alienta a que incumplir las normas legales prevalezca sobre lo dictado por la ley [19]. Es por tanto que el incumplimiento a las normas se ha convertido en una conducta de irrespeto socialmente tolerada, sustentada en la percepción de los valores éticos de los demás y en la no aplicación de las normas legales por parte de las autoridades. Paradójicamente, los altos niveles de comprensión frente al objeto de la norma, su importancia, lo que busca, y los valores que ésta defiende son entendidos por todos sus actores viales. Esta situación refuerza la idea de que la conducta de riesgo no es un problema de desconocimiento sino de deseo propio de incumplir las normas [20].

En Medellín, la ciudad donde se desarrolla esta investigación, una consecuencia de la cultura del incumplimiento a las normas de tránsito es la Incidentalidad Peatonal (I.P.), una de las principales causas de muerte violenta en Colombia [4]. Algunos índices de incidentalidad vial denotan que el 31 % de RTF y el 24 % de RTI fueron por arrollamiento a un peatón. Por lo general, la mayoría de ellos son empleados para priorizar objetivos en políticas, proyectos peatonales o identificar áreas geográficas en la cual la calidad de la infraestructura peatonal es baja. De este modo, se hace imperante el uso de medidas de recolección y análisis de datos que permitan realizar comparaciones en contextos complejos y proponer posibles soluciones a la prevención de RTI y RTF [21], [22].

Una investigación en Medellín señala que existe un nivel de respeto aparente socialmente otorgado a los peatones en pasos peatonales, donde predomina el desconocimiento de su significado y cómo cuantificarlo [23]. En el mundo se ha hablado de migrar a niveles de respeto absoluto porque algunos estudios reflejan que más del 50 % de la I.P. causada por conductores ocurre en pasos peatonales no semaforizados [24]–[28], lo que conduce, aunado a la situación de la ciudad, a formular la pregunta de investigación: ¿cuál es el nivel de respeto socialmente otorgado a los peatones en pasos peatonales no semaforizados?

Este trabajo, que se basa en estudios empíricos realizados en el campus central de la Universidad Pontificia Bolivariana (Betancur et al., 2019; Mejía, Betancur & Pérez, 2019; Pérez & Betancur, 2018), tiene como objeto construir dos métricas para medir el progreso y retroceso de la sociedad en el respeto al peatón. Se propone que los niveles de respeto e irrespeto pueden ser cuantificados a partir de manifestaciones de cumplimiento a las normas pro peatón, entendidas como las que le dan derecho a cruzar la vía. Se utiliza el concepto original del Índice de Respeto a la Prelación Peatonal (IRPP) como punto de partida, y se operacionaliza el fenómeno del incumplimiento a la norma legal de tránsito en conductores de vehículos automotores en cruces peatonales para evaluar el nivel de respeto a los peatones. Seguidamente, se realiza un análisis diferencial tipo delta para medir los efectos de intervenciones sociales; posteriormente, se grafican los resultados y se compara con el nivel de respeto percibido.

## **I.I. Antecedentes**

Un amplio rango de la literatura se ha centrado holísticamente en las interacciones conductor-peatón para modificar la infraestructura y promover cambios positivos en el comportamiento. En esto, se han propuesto más de 25 índices peatonales [32] que incluyen dimensiones como diseño, diversidad, densidad y calidad de la infraestructura peatonal, entre otros. Adicionalmente, se han analizado intensamente los conflictos de tráfico teniendo en cuenta el flujo peatonal [33]. Estudios notables en este campo son la “Técnica de Análisis de Conflictos de Tránsito” [34], aplicado a los conflictos conductor-peatón por Svensson y Hyden (2006); y la Técnica de Conflictos del Instituto de Autopistas y Laboratorio de Investigación de Transporte y Carreteras de Reino Unido, adaptado por Kaparias et al. (2010) y Salamati et al. (2011) para identificar situaciones conflictivas entre ellos y categorizarlos según su severidad [38].

## **I.II. Cultura Ciudadana**

La Cultura Ciudadana se entiende como “conjunto de costumbres, acciones y reglas mínimas compartidas que generan sentido de pertenencia, facilitan la convivencia urbana y conducen al reconocimiento del patrimonio común y al reconocimiento de los derechos y deberes ciudadanos” [39]. Este concepto busca la regulación propia del comportamiento entre personas para el acatamiento de un conjunto de normas establecidas [40]. De manera relevante para este estudio, su impacto a trascendido a tal punto que las políticas públicas de seguridad vial lo han tratado como el proceso de los ciudadanos para comprender reglas y normas de forma voluntaria, con el fin de lograr niveles de convivencia ciudadana [41].

Pagés-Mimó (2015) indica que la convivencia y el respeto son la base dinámica sobre la cual puede sostenerse una vida pública sana en una ciudad. Este argumento se complementa con: I) “convivir es seguir y compartir reglas” [41], II) “el respeto es un valor de coexistencia” [43], y III) “la ley es un criterio de orden de convivencia”, un acuerdo vinculante por definición que no depende de justificaciones propias o de excepciones por conveniencia [44]. Se considera, por tanto, que se cumple la ley para respetar y, en consecuencia, para un buen convivir.

Los indicadores de cultura ciudadana son una visión normativa de la sociedad en la que priman la resolución pacífica de conflictos, el cumplimiento de la ley y los acuerdos, entre otros [45]. Son la aproximación metodológica con mejores resultados en Colombia, y particularmente en Medellín, en cuanto a la medición del cumplimiento a la norma en la sociedad. Se obtienen mediante una encuesta de percepción de qué tanto “los otros” como “el encuestado” están cumpliendo las normas; entrega un registro de las características comunes en sociedad y no se miden actitudes porque se parte de que estas están implícitas en el cumplimiento. Así que el Índice de Cultura Ciudadana (ICC), presenta una cuantificación de la realidad social [46], con dichos indicadores, que facilita el estudio de las relaciones entre la sociedad y el cumplimiento a la norma a partir de tres orígenes: la ley, la moral y la cultura [19].

## **I.III. Respeto**

El respeto es conductual. Etimológicamente, significa volver a mirar y considerar con detenimiento [41]. Las teorías modernas del pensamiento moral apelan al respeto como un tipo especial de razón práctica [47] y sustento de la tolerancia. Escámez Navas (2008) añade diciendo que el respeto equivale a dispensar el trato adecuado a las personas y a sus obras, a los rasgos relativos al modo en que las personas se expresan a sí mismas como humanas.

Una conducta respetuosa es una conducta segura que implica autoconocimiento, gestión de los propios límites y reflexión de los factores de riesgo, tanto del conductor como del

peatón [42]. El nivel de respeto es una caracterización que depende de las acciones positivas de convivencia; e implica, en síntesis, los conocimientos y habilidades, el modo de utilización de la infraestructura y convivir con los demás actores viales [48].

El respeto es indispensable para la Seguridad Peatonal (SP), así como el fortalecimiento de las entidades para hacer cumplir la ley [49]. No se registra en la literatura revisada una métrica social que permita identificar o estimar el nivel de respeto al peatón, ni cómo se comporta en el tiempo, particularmente en función de conductas de riesgo. De hecho, no es posible afirmar que el comportamiento humano experimentó cambios en materia de respeto al peatón, hasta que se evalúe con cuestionarios auto informados, encuestas y valoraciones de riesgo [50], [51]; hasta ahora, desde nuestro conocimiento, no se ha medido el nivel de respeto al peatón con una métrica social resultante de un proceso de operacionalización.

#### **I.IV. Medición de la conducta de respeto al peatón**

Emprender el desafío intelectual del desarrollo teórico de los conceptos para medición del respeto al peatón y cumplimiento a las normas, implica el uso de indicadores, en vez de los enfocados en infraestructura, para analizar la realidad social. El estudio de los indicadores sociales ha generado una prolífica línea de investigación por parte de los científicos sociales. Sin embargo, las métricas sociales se encuentran en un orden superior. Las métricas sociales permiten medir conceptos que configuran la realidad social. Una métrica social es más que un número o un indicador. Contiene aspectos cualitativos y cuantitativos que relacionan análisis teórico, holístico y percepción de la población [52]. No es intención en este trabajo efectuar un desarrollo exhaustivo del tema, sino aportar una categoría de medición que vincule algunas consideraciones sobre la relación entre el uso de los indicadores como herramienta metodológica útil para la praxis y los conceptos teóricos de cumplimiento a la norma y respeto al peatón.

La medición del progreso en ciudadanía, en cuanto al respeto al peatón, supone el acercamiento al problema a partir de un marco conceptual, teórico y metodológico desde un enfoque positivo basado primeramente en conductas seguras. Sin embargo, es clave determinar el comportamiento del fenómeno social a partir del irrespeto, basado en conductas de riesgo. Por esta razón, en este trabajo, se obtuvo una estimación del nivel de Respeto y una del de Irrespeto, que constituyen una realidad social que surge del fenómeno del incumplimiento a la norma legal. La mayoría de las investigaciones comparten el objetivo de definir un índice que sintetice el tema y problemas sometidos a examen, empero la multidimensionalidad y complejidad del comportamiento social no permiten utilizar un índice único, como puede ser alguno de los mencionados previamente. La alternativa es la definición de métricas sociales y, para ello, se propuso una denominada Índice de Respeto al Peatón (IRP) y otra denominada Índice de Irrespeto al Peatón (IIP).

El IRP y el IIP son un intento sistemático e integrado, orientado a conceptualizar, operacionalizar y determinar, por medio de un conjunto de indicadores y subíndices, la

diversidad de aspectos que conforman el respeto al peatón. Los indicadores, que son una forma de evidenciar la realidad social, son una traducción numérica de esa circunstancia. Los índices, por tanto, configuran un marco descriptivo y/o interpretativo del fenómeno social del incumplimiento a la norma legal, a partir de la selección de un determinado número de variables, resultantes de la observación y percepción, que se consideran pertinentes para abordar el análisis del problema, pero que, en último término, reflejan la perspectiva de análisis de tal realidad, adoptada por el investigador, según señala Bauer citado por [52].

En los índices sociales, el análisis conceptual no se sustituye por un procedimiento puramente aritmético. Al olvidar esto, se corre el riesgo de sustituir la realidad por números. La construcción de una métrica social que incorpore un número que describa una realidad compleja, debe considerar la validación social. Ésta se consigue si los conceptos que conducen a su construcción son suficientemente compartidos, especialmente por los actores políticos y por la academia. Por lo tanto, en este trabajo se incluyeron conceptos que procedimientos puramente numéricos no pueden explicar.

Desde un punto de vista metodológico, antes de abordar un procedimiento para la obtención de un sistema de indicadores, es necesario precisarlo a través de la operacionalización, la cual es definida como el proceso en virtud del cual una idea y/o un concepto puede ser susceptible de someterse a medición. Esto es, el hecho social deja de ser mera observación para ser objeto de investigación cuando es objeto de un proceso de operacionalización, explicado por Setien y citado por Rojas (2011). El propósito de este último es contar con instrumentos que posibiliten el análisis del estado de la sociedad, sus cambios a través del tiempo y la efectividad de las políticas. Por tanto, la operacionalización, del incumplimiento a las normas pro peatón, es un aspecto central tanto para la investigación como para la toma de decisiones de política pública.

La mayoría de los organismos estatales y no estatales que recopilan información sobre movilidad en Colombia, no le han otorgado la relevancia suficiente al enfoque del respeto al peatón en la captura e interpretación de los datos. El irrespeto al peatón, por su parte, es un factor de las RTI y las RTF; por lo tanto, la medición de esta conducta de riesgo con el IRP se enfoca en las causas y no en las consecuencias. Este estudio sitúa al respeto como un valor entre pares, como una consecuencia del acatamiento a las normas establecidas por el estado social de derecho. Y adicionalmente, sugiere la construcción de una métrica social que entregue una medida adecuada de la realidad social en términos de respeto y otra en términos del irrespeto.

En el siguiente apartado se propone la operacionalización del fenómeno de incumplimiento a las normas legales relacionadas con el respeto e irrespeto al peatón en Medellín como negación de la SP, concentrándose en aquellas áreas donde se generan interacciones entre conductores y peatones. Estas métricas sociales son un punto de partida para la SP, dentro de una sociedad en la que el derecho a la prelación en cruces permitidos sea efectivo. También, el empleo de estos índices, por parte de los tomadores de decisiones, permitiría crear intervenciones focalizadas, de acuerdo con los datos

disponibles, y medir su efectividad. Se espera, por tanto, aportar al cambio positivo de conductas socio viales en favor del peatón en un contexto en el que persiste la ilegitimidad social a las normas legales en favor del peatón y la cultura predominante de incumplimiento a la ley.

## II METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología propuesta por Lazarsfeld, citada por Granada, Restrepo, & Meertens (2009), para la operacionalización del incumplimiento a la norma pro peatón, la cual consta de cuatro pasos. El primero inició con una aproximación al contexto social de Medellín-Colombia, a partir de datos en la literatura, y terminó con la identificación de la imagen abstracta de la realidad social, como un mecanismo de relacionamiento entre dos fenómenos aparentemente dispersos: el incumplimiento a la norma y el irrespeto, ambos en relación con los peatones. En el segundo paso, se estableció el concepto social que aporta el índice y se definieron tres dimensiones de incumplimiento a la norma referida al respeto al peatón. En el tercero, se construyeron indicadores y subíndices de cada dimensión. En el último paso, dichos subíndices se sintetizaron a métricas sociales.

Se realizó un estudio empírico, de muestreo probabilístico, para contextualizar la investigación y para el recabado de datos relativos a cada etapa del proceso de operacionalización. Se implementaron intervenciones sociales en un grupo de estudio para medir su efecto en el comportamiento de los conductores, a partir de encuestas y observaciones. Se construyeron los instrumentos de recolección de datos 1, 2a, 2b, 3, y 4, de acuerdo a las bases de observación de Hyden (1987) en la Técnica de Análisis de Conflictos de Tránsito. Se emplearon plantillas de datos para capturar las observaciones a través del tiempo, ubicación, tipo de actor vial, vehículo e interacción. Los instrumentos permitieron la cuantificación de eventos de respeto/irrespeto al peatón, la estimación de ponderadores para cada dimensión, y el nivel de percepción del respeto al peatón en el área geográfica de estudio. La descripción y aplicación de los instrumentos de recolección de datos se detalló en cada paso de la operacionalización. La aplicación de los instrumentos tipo encuesta se realizó de forma anónima con individuos que participaron de manera voluntaria, luego de ser informados del objetivo de la investigación, de acuerdo con la Ley y Política de Protección de Datos. Se usó una hipótesis de IRP fundamentada en expresiones aritméticas básicas para medir los cambios a través del tiempo por medio de un análisis diferencial tipo delta. Los datos se obtuvieron con fines puramente investigativos, procesados mediante la prueba de hipótesis, para verificar su significancia estadística, y evaluados gráficamente para determinar su comportamiento en el tiempo.

**Punto geográfico.** Es el área de interés alrededor de un paso peatonal. Para este estudio se definieron 4 puntos geográficos en el campus. El punto geográfico a) es de tipo cruce cebra, el b) es de tipo pompeyano, el c) y d) son plataformas únicas de uso mixto a nivel. El marcador  $k$  en las expresiones matemáticas indica el punto geográfico donde se aplica cada instrumento, es decir,  $k$  puede tomar el valor de a), b), c) o d).

**Área geográfica.** Es una superficie que compromete un conjunto de puntos geográficos.

**Momento de muestreo (*mm*).** Corresponde a una ventana unitaria de tiempo de muestra dentro del estudio, donde se realizan mediciones del comportamiento de conductores, en un área geográfica. Se refiere a un periodo de tiempo, dentro de una misma semana, compuesto de tres días, a cuatro horas diferentes por día, y durante 30 minutos cada una. En todo el estudio se cubrió un intervalo de tiempo de 29 meses, en los cuales hubo 10 *mm*.

## **II.I. Operacionalización del incumplimiento a la norma pro peatón**

### **II.I.I. Creación de una imagen abstracta de la realidad, con base en la percepción de características comunes en fenómenos aparentemente dispersos**

El incumplimiento a la norma legal y la conducta de irrespeto son fenómenos sociales aparentemente dispersos. Se realizó una revisión en el estado del arte para construir la imagen abstracta de la realidad social en Medellín. Incluyó la revisión de documentos de tipo organizacional, investigativo y programático, que constituyen algunos registros escritos de la situación social, según Patton citado por la Alcaldía de Medellín (2018).

El incumplimiento generalizado a las normas de tránsito es una dimensión de riesgo en la vida social en Medellín que conduce a corredores viales inseguros [55]. En el 2017, la infracción C32: *“No respetar el paso de peatones que cruzan una vía en sitio permitido para ellos o no darles la prelación en las franjas para ello establecidas”* se presentó aproximadamente 10000 veces, pero se consideró, por la acción frecuente de la autoridad, que esta medición se refiere exclusivamente al estacionamiento sobre las franjas de paso peatonal excluyendo las relativas a la prioridad de paso y al exceso de velocidad.

Los resultados del ICC en el 2017, en la ciudad de Medellín, dependieron de una muestra de 2261 encuestas efectivas con un margen de error de 3.7 %. Los datos señalaron que el 57 % de los habitantes concibe a la ley y a las normas como una expresión de la voluntad colectiva, mientras que el 43 % considera que es una obligación impuesta por unos pocos. Aun así, el 93 % de los encuestados afirmó que le resulta fácil actuar conforme a la ley. Esto responde a un reconocimiento de esta como criterio de orden, pero su aplicación en las situaciones de la vida cotidiana resulta difícil. Los datos indicaron también que las principales razones para desobedecer la ley son de tipo individual y material, y que las principales razones para cumplir, según 83 % de los encuestados, corresponden a normas morales. Un 80 % de los encuestados afirmó que lo ordenado por la ley coincide con la costumbre y un 83 % siente que lo ordenado por la ley coincide con lo ordenado por su conciencia. 37 % cree que los demás acogen la ley debido a estímulos negativos, como la multa o cárcel, mientras que el 61 % cree que cada uno de ellos, en primera persona, lo hace gracias a su propia conciencia y sentido moral. Un 41 % de los encuestados siente que siempre o casi siempre los ciudadanos cumplirán sus acuerdos [54].

El cálculo del ICC en Medellín permitió establecer que la población es heterogénea, dominada por la norma social, sin ser relevante las características socioeconómicas, en cuanto a disposición hacia el seguimiento de normas, y también demostró el conocimiento de ellas. Indicó que existe un alto porcentaje de incumplimiento a las normas legales e impera la llamada cultura del vivo: mientras más normas se puedan incumplir sin obtener ningún castigo, más fuerza y respeto se obtendrá. Las conductas de riesgo están normalizadas y, en cierta manera, son reguladas por la comunidad. Por lo general ni el encuestado, ni la sociedad, perciben las prácticas de incumplimiento a las normas legales como actos delictivos o criminales, ni siquiera como perturbaciones del orden. Se evidenció, a partir del número de comparendos y de hechos viales, el número de fallos con responsabilidad contravencional, el no pago de las multas y el irrespeto a los usuarios más vulnerables en las vías: peatones, ciclistas y motociclistas [56].

En resumen, esta realidad social del fenómeno de incumplimiento a la norma legal, conforme a los hallazgos del ICC, permitió hipotetizar que los conductores y peatones reconocen y toleran el incumplimiento a la norma pro peatón. A partir de esto, se construyeron los instrumentos 1, 2a y 2b para evaluarlo. De este modo, las mediciones con cada instrumento fueron realizadas a una población de estudio de aproximadamente 25000 personas, entre docentes, estudiantes, contratistas y empleados. En dicha población se estudiaron las interacciones entre peatones y aproximadamente 500 conductores que circulan diariamente en el campus.

**Realidad social localizada.** Sin duda, parte esencial del incumplimiento de la norma comienza por el hecho de conocerla en campo. Por lo tanto, se levantó una realidad social localizada en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín - Colombia con el propósito de establecer un punto de partida para evaluar los comportamientos del conductor en los pasos peatonales. En primera instancia, se evaluó el reconocimiento del incumplimiento a la norma, a partir del conocimiento de esta, empleando el instrumento 1, el cual se explica abajo.

**Instrumento 1.** Instrumento empírico de recolección de datos tipo encuesta de percepción con un nivel de confianza del 95 %. Se preguntó si el encuestado creía que, como peatón, debería tener prelación en cruces tipo cebrá sin semáforo, es decir, si creía que los conductores deberían detenerse para cruzar el paso peatonal antes que ellos.

**Aplicación del instrumento 1.** Fue sobre una muestra conformada por 387 individuos. Los criterios de inclusión fueron: ser peatón y estar vinculado a la Universidad.

En segunda instancia, se utilizó el instrumento 2, y sus partes, para determinar el reconocimiento del respeto hacia los peatones en pasos peatonales del campus, y de este modo establecer la imagen abstracta de la realidad social entre el reconocimiento de: a) el incumplimiento a la norma legal, y b) el irrespeto al peatón. El instrumento 2b permitió cuantificar, mediante observaciones en el *mm* 1: a) el nivel de respeto al peatón para identificar la correspondencia entre la percepción y la observación de la realidad social; b) calcular una Línea Base (LB) para establecer un marco de referencia, ambos

en el *mm 1*, y c) el nivel de respeto al peatón al aplicar intervenciones sociales, después del *mm 1*, para evaluar nueve cambios del comportamiento en una línea de tiempo.

**Instrumento 2a.** Instrumento empírico de recolección de datos tipo encuesta de percepción con un nivel de confianza del 95 %, de puntuación dicotómica. Se preguntó si como peatón, considera que los conductores de automotores que se movilizan en el campus universitario respetan a los peatones.

**Aplicación del instrumento 2a.** Fue sobre una muestra de 669 individuos. Los criterios de inclusión fueron: mayores de 18 años y vinculados a la Universidad.

**Aplicación del instrumento 2b en el *mm 1*.** La descripción del instrumento 2b se encuentra en el siguiente paso de operacionalización. Fue sobre una muestra de 321 conductores en el *mm 1*. El nivel de confianza fue del 95 %. Los criterios de inclusión fueron: conductores de automotores circulantes y vinculados a la Universidad. No se aplicaron intervenciones sociales en la población de estudio. Sus resultados constituyen la LB, los cuales son utilizados como valores de referencia para cálculos diferenciales.

La aplicación de los instrumentos anteriores permitió articular los fenómenos, aparentemente dispersos, de incumplimiento a las normas e irrespeto al peatón, a partir de la hipótesis de la imagen abstracta de la realidad social, que estuvo compuesta así:

Segmento 1:

*“Los peatones reconocen el incumplimiento a la norma pro peatón y lo toleran;”*

Segmento 2:

*“...sin embargo, realmente no saben si son respetados”.*

## II.I.II. Especificación del concepto e identificación de las múltiples dimensiones que constituyen el fenómeno social

El concepto propuesto es: *el respeto al peatón es una expresión al cumplimiento a las normas de tránsito que contribuye a la SP*. Las dimensiones son relativas a las conductas de riesgo que conducen al irrespeto al peatón. Se basan en tres violaciones al marco jurídico establecido por el Código Nacional de Tránsito Terrestre mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Artículos legales relativos a las dimensiones de respeto al peatón analizadas en este trabajo. Código Nacional de Tránsito Terrestre (Ley 769 del 2002)

Artículo	Descripción	Número de dimensión	Nombre de la dimensión
63	<i>“Respeto a los derechos de los peatones y ciclistas. Los conductores de vehículos deberán respetar los derechos e integridad de los peatones y ciclistas, dándoles prelación en la vía”.</i>	1	DZ
69	<i>“El conductor no debe detener o estacionar su vehículo, por ningún motivo, dentro de la zona destinada al tránsito de peatones”.</i>	2	DP

Artículo	Descripción	Número de dimensión	Nombre de la dimensión
74	<i>"Los conductores deben reducir la velocidad a treinta (30) kilómetros por hora en los siguientes casos: En lugares de concentración de personas y en zonas residenciales. En las zonas escolares. [...] En proximidad a una intersección".</i>	3	DV

Desde el punto de vista conceptual de la sanción, las dimensiones no son equivalentes, tampoco dependientes y acarrear sanciones cada una. Las variables implícitas en la evaluación de las normas son excluyentes. Para este estudio, se seleccionaron las dimensiones indicadas en la Tabla 1. Seguidamente, se aplicaron intervenciones, según la Tabla 2, y recabaron datos, utilizando el instrumento 2b, para cuantificar las conductas de respeto e irrespeto, estas últimas en cada dimensión, de las interacciones conductor-peatón en pasos peatonales no semaforizados.

**Intervenciones sociales en el campus.** Una intervención es una o la combinación de varias acciones de educación vial y campañas en seguridad vial. Se desarrollaron y aplicaron 9 intervenciones orientadas a adoptar una conducta pro peatón, cuyos detalles se puntualizan en la Tabla 2. Se fundamentaron en las categorías sugeridas por la metodología MINDSPACE (*Messenger, Incentives, Norms, Defaults, Salience, Priming, Affect, Commitment and Ego*) [57], para lograr cambios de comportamiento en conductores.

Tabla 2. Características generales de intervenciones aplicadas en el campus

Intervención	Enfoque	Descripción de las acciones	Duración	MINDSPACE
1	Formativo	• Tutorial virtual, construido con el fin de formar a los interesados en los derechos del peatón y deberes del conductor expresados en la legislación colombiana.	29 meses	M, S
	Informativo	• Instalación de pendones: "Pasos para movernos con seguridad en el campus" ubicado en puntos de pago de parqueadero en el campus.	22 meses	
2	Informativo	• Publicación de este estudio en el micro sitio de la Universidad.	17 meses	M, S
		• Avisos instalados en las máquinas de pago del parqueadero informando acerca del inicio de la campaña de respeto al peatón y la aplicación de sanciones en el campus.	16 meses	
		• Boletines enviados vía correo electrónico anunciando la aplicación de sanciones según las dimensiones DZ, DP y DV.	Un día por boletín	
3	Informativo	• Avisos instalados en torniquetes peatonales con mensajes pro peatón.	16 meses	N, S
	Persuasivo	• Envío de comparendos pedagógicos sin sanción.	1 día	
4	Sancionatorio	• Inicio de sanciones. El conductor infractor podía realizar un curso virtual gratuito de conocimiento de la norma legal en lugar de la sanción. Esta consistía en restringir el ingreso del vehículo al campus durante 15 días.	15 meses	N
5	Persuasivo	• Entrega de 733 tarjetas de compromiso a conductores con el mensaje: "Cuando desciendo de mi moto/carro también soy peatón. Soy un buen conductor y respeto al peatón".	15 días	M, C
6	Persuasivo	• Se abordó personalmente a los conductores invitándoles a comprometerse con el respeto al peatón. Se les entregó adhesivos para el vehículo.	5 días	M, C
	Informativo			
7	Mandatorio	• Cambio de infraestructura de punto geográfico a), de paso tipo cebra a plataforma adoquinada de uso mixto. La plataforma conecta un edificio con un bulevar de uso exclusivo para los peatones.	8 meses	D
8	Persuasivo	• Se abordó personalmente a los conductores invitándoles a comprometerse con el respeto al peatón. Se les entregó tarjetas de compromiso y una fotografía del instante de su compromiso. Los peatones también fueron intervenidos, se les entregó bandas y adhesivos para que anuncien su presencia en los pasos peatonales.	1 día	M, C
9	Informativo	• Instalación de un <i>dummy</i> en pasos peatonales UPB. La fotografía fue la de un agente de tránsito con el mensaje: "¡Detente! ante esta señal de mano del peatón".	3 días	M y S

**Instrumento 2b.** Instrumento de recolección de datos tipo planilla de escala conductual, de respuesta binaria por factor, validada por expertos y con un nivel de confianza del 95 %. Proporciona las dimensiones indicadas en la Tabla 1 y una adicional de respeto. Fue utilizado para registrar, evaluar y clasificar los comportamientos de conductores en eventos individuales que ocurren en las interacciones entre conductores y peatones en puntos geográficos. Un observador emite un concepto a partir de observaciones socio-cibernéticas de primer orden, en video, a escala humana. Solo puede existir un concepto verdadero (valor de 1) de respeto o irrespeto por evento.

**Evento.** Periodo de tiempo donde coinciden al menos un conductor y peatón en un paso peatonal, como indica la Figura 1. El número de eventos depende del número de vehículos que interactúa con un peatón o peatones o se estaciona en el paso peatonal. En caso de presentarse varias dimensiones simultáneamente durante un evento, se toma en cuenta la dominante, y en el orden DZ-DP-DV, ver Tabla 1.

**Concepto.** Es un criterio asignado a la acción del conductor del vehículo. Es un indicador binario  $V(j)_i$ , del tipo a) *Respeto*: comportamiento del conductor conforme a los artículos de la Tabla 1; o b) *Irrespeto*: comportamiento del conductor no conforme a los artículos de la Tabla 1.

Mediante el análisis de vídeo se excluyeron los eventos en los que un vehículo participó más de una vez. Esto reduciría la posibilidad de adicionar comportamientos de un mismo usuario. Más adelante, el número total de conductores con conductas de riesgo fue calculado.

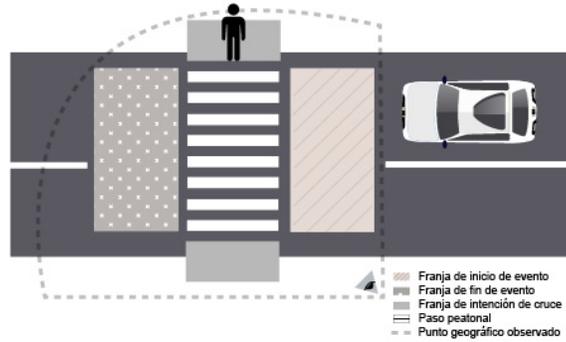


Figura 1. Condiciones de evaluación de eventos

**Aplicación del instrumento 2b después del mm 1.** Fue a una muestra probabilística, de 2571 conductores, después de aplicar las intervenciones señaladas en la Tabla 2. Los criterios de inclusión fueron: a) ser conductor de motocicleta o carro b) circular al interior del campus, y c) interactuar con al menos un peatón en los cruces destinados para ellos.

Se aplicó continuamente en 10 mm hasta obtener una adecuada serie de tiempo, de manera que las fluctuaciones, ocasionadas por el muestreo de situaciones sociales heterogéneas, fueran filtrables. La aplicación del instrumento 2b arrojó los insumos necesarios para calcular los indicadores expuestos a continuación.

### II.I.III. Construcción de un conjunto de indicadores que representen cuantitativamente las dimensiones del concepto

El indicador binario  $V(j)_i$  permitió conocer el número total de los eventos de incumplimiento a la norma  $e(j)$  por cada dimensión:

$$e(j) = \sum_{i=1}^n V(j)_i$$

donde  $j$  es la dimensión según la Tabla 1; es decir  $j \in [1, 3]$ , y  $n$  es número total de eventos de las observaciones. El número total de los eventos de incumplimiento, de todas las dimensiones fue calculado con

$$I = \sum_{j=1}^3 e(j) = e(1) + e(2) + e(3)$$

Las fracciones  $F(j)$  de cada  $e(j)$ , dentro del universo de transgresiones, permitieron identificar la ocurrencia de cada dimensión y son calculables de la siguiente manera

$$F(j) = \frac{e(j)}{I}$$

El número total de eventos de respeto (R) fue calculado con

$$R = \sum_{i=1}^n r_i$$

donde  $r_i$  corresponde a los eventos de cumplimiento a la norma de la muestra, tal que

$$r_i = 1 \text{ si } V(j)_i = 0 \forall j, \text{ de lo contrario } r_i = 0$$

R ignora la clasificación de respetos relativos a cada dimensión de la norma, debido a que los eventos  $r_i$  involucran el cumplimiento de las normas de todas las dimensiones. Esto muestra que en una situación de respeto se dan las tres dimensiones simultáneamente, pero son indistinguibles.

Se definió el *Subíndice de Respeto al Peatón (SRP)* como la fracción de respeto

$$SRP = \frac{R}{R+I} = \frac{R}{n}$$

Las fracciones de irrespeto  $Q(j)$  de cada dimensión, dentro del universo de los eventos, fueron determinadas con

$$Q(j) = \frac{e(j)}{n}$$

y permitieron obtener el *Subíndice de Irrespeto al Peatón (SIP)*, de la forma

$$SIP = \sum_{j=1}^3 Q(j) = Q(1) + Q(2) + Q(3)$$

Las expresiones SRP y SIP, en función de R y  $Q(j)$ , son subíndices complementarios del fenómeno social de incumplimiento a la norma de respeto al peatón, de hecho

$$SIP = 1 - SRP$$

**Aplicación de los indicadores.** Se realizó después de diligenciar el instrumento 2b. Se totalizaron las conductas de respeto (R) e irrespeto (I) y se calcularon sus subíndices (SIP, SRP), en todos los *mm*, para los *k* puntos geográficos. En la práctica, y para efectos de este estudio, se marcó cada indicador y subíndice con *k*, según corresponda, así:  $R_k$ ,  $I_k$ ,  $SIP_k$ ,  $SRP_k$ , etc.

#### II.I.IV. Síntesis de los indicadores en un número índice

Los ponderadores por percepción ( $P_{jN}$ ) fueron determinados de acuerdo con una valoración que la comunidad local, en general, le asignó a cada dimensión *j*, en tanto conoce la norma y asume un valor de importancia otorgado por la autoridad. Estos ponderadores pueden variar de acuerdo con la ciudad, comunidad, tipo de infraestructura o inclusive la hora.

El *Índice de Irrespeto al Peatón (IIP)* es una métrica social propuesta que corresponde al fenómeno del incumplimiento a la norma operacionalizado. Entrega el nivel de irrespeto a los peatones en pasos no semaforizados, y sintetiza las dimensiones del SIP. Por lo anterior, el IIP es una agregación ponderada de la forma

$$IIP = \sum_{j=1}^3 P_{jN} Q(j) = P_{1N}Q(1) + P_{2N}Q(2) + P_{3N}Q(3)$$

donde los ponderadores  $P_{1N}$ ,  $P_{2N}$  y  $P_{3N}$  fueron determinados a partir del instrumento 3.

En este trabajo, también se propuso un *Índice de Respeto al Peatón* (IRP), una métrica social inversamente proporcional al IIP. Entrega el nivel de respeto a los peatones en pasos no semaforizados. Al igual que IIP, es una medición de la realidad social que combina la observación del fenómeno social con la percepción ciudadana. Se calcula mediante

$$IRP = \bar{P}_j SRP = \bar{P}_j \frac{R}{n}$$

donde  $\bar{P}_j$  es el promedio de los ponderadores obtenidos del instrumento 3.

**Instrumento 3.** Instrumento empírico de recolección de datos tipo encuesta de percepción. Se preguntó por los valores ponderados correspondientes a cada dimensión en el campus, donde 0 % es nada de importancia y 100 % es total importancia. Corresponden a la importancia que la autoridad universitaria le asigna a la regulación de la ley de tránsito, por tanto, se preguntó, en primer lugar, por el porcentaje de importancia que los encuestados asignan a la prelación del peatón en zonas destinadas para su cruce; segundo, por el porcentaje de importancia a la regulación de la velocidad de los vehículos que se aproximan a cruces peatonales y, en último lugar, al porcentaje de importancia que los encuestados creen que la autoridad asigna a la regulación del estacionamiento de vehículos en los cruces peatonales.

**Aplicación del instrumento 3.** Fue sobre una muestra de 387 sujetos, con un nivel de confianza del 95 %. Los criterios de inclusión fueron transitar en el campus y estar vinculado a la Universidad.

## II.II. Análisis diferencial tipo delta

Las herramientas enunciadas a continuación permitieron identificar el nivel de respeto e irrespeto al peatón, presente en un área geográfica. Fueron usadas para determinar  $SIP_{Area}$ ,  $SRP_{Area}$ ,  $IIP_{Area}$  e  $IRP_{Area}$  los cuales dependen de los valores de  $SIP_k$ ,  $SRP_k$ ,  $IIP_k$  e  $IRP_k$ , que corresponden a las expresiones SIP, SRP, IIP e IRP, y son relativas a datos de cada punto geográfico  $k$ . Así, por ejemplo, el *Subíndice de Respeto al Peatón* en un área geográfica ( $SIP_{Area}$ ) se obtuvo mediante el promedio ponderado de todos los  $SIP_k$  y fue expresado mediante

$$SIP_{Area} = \frac{\sum_{k=a,b,c,d} n_k SIP_k}{\sum_{k=a,b,c,d} n_k}$$

donde  $n_k$  es el número total de eventos de cada punto geográfico  $k$ .

El análisis diferencial fue llevado a cabo para determinar los cambios de IIP e IRP en el tiempo. Matemáticamente es una aproximación a la primera derivada, cuando es

aplicado en  $mm$  consecutivos. Gráficamente es la pendiente de una función a tramos, en un rango de valores determinado. Por tanto, la expresión genérica de IIP fue:

$$\Delta IIP_k = IIP_k(t_{mm}) - IIP_k(t_{mm-1})$$

$\Delta IIP_k$  permitió determinar el cambio en el nivel de irrespeto por cada punto  $k$ , o a un área geográfica, mediante la resta del nivel previo.  $t_{mm}$  fue el  $mm$  actual y  $t_{mm-1}$  el  $mm$  anterior. Un valor positivo indica un aumento del nivel de irrespeto en relación con la anterior o su línea base; por el contrario, un resultado negativo implica una reducción del nivel de irrespeto. Los valores cercanos a 0 % indican que no se presentaron cambios significativos en el comportamiento de los conductores al realizar una medición en  $t_{mm}$ . A diferencia de los índices, los deltas aceptan valores negativos. Las expresiones cuyo marcador subíndice es LB se refieren a operaciones donde  $t_i$  es la Línea Base, capturada en el  $mm$  1. Se utiliza la misma expresión genérica para el cálculo de  $\Delta IRP_k$ ,  $\Delta IRP_{Area}$ ,  $\Delta IIP_{Area}$ ,  $\Delta IRP_{k\ LB}$ ,  $\Delta IIP_{k\ LB}$ ,  $\Delta IRP_{Area\ LB}$ ,  $\Delta IIP_{Area\ LB}$ .

**Aplicación de los índices.** Se calcularon los valores relativos a diferentes puntos geográficos utilizando las expresiones SRP, SIP, IRP e IIP. Posteriormente, los  $SRP_{Area}$ ,  $SIP_{Area}$ ,  $IRP_{Area}$  e  $IIP_{Area}$  fueron calculados en cada  $mm$ . También se aplicaron las expresiones  $\Delta IRP_k$ ,  $\Delta IIP_k$ ,  $\Delta IRP_{Area}$  e  $\Delta IIP_{Area}$  tanto para el instante anterior como para la referencia con LB ( $\Delta IRP_{k\ LB}$ ,  $\Delta IIP_{k\ LB}$ ,  $\Delta IRP_{Area\ LB}$ ,  $\Delta IIP_{Area\ LB}$ ). Se realizó adicionalmente la prueba de la hipótesis para mapear los cambios significativos del comportamiento de los conductores después de la aplicación de intervenciones sociales.

### II.III. Percepción del Subíndice de Respeto al Peatón

Se obtuvo el nivel de percepción del  $SRP_{Area}$  en el campus universitario en la instancia final del estudio para validarlo. Se denominó  $SRP_p$  y permitió evaluar los resultados de los instrumentos 2 y 3. Se determinó a partir de la aplicación del instrumento 4. Se preguntó por el  $SIP_{Area}$ , y no por el  $IIP_{Area}$ , dado que el lenguaje positivo cuenta con capacidad para generar aceptación, en lugar de estrategias con enfoque en comportamientos negativos, las cuales causan resistencia [58].

**Instrumento 4.** Instrumento empírico de recolección de datos tipo encuesta de percepción con un nivel de confianza del 95 %. Se preguntó por el número de conductores que se detuvo para que pudiese cruzar un paso peatonal en UPB, de diez conductores con los cuales el encuestado tuvo contacto. Las respuestas se entregaron en una escala de 0 a 10, siendo 0 ningún conductor y 10 todos los conductores.

**Aplicación del instrumento 4.** Fue sobre una muestra de 387 sujetos. Los criterios de inclusión fueron: mayores de 18 años y vinculados a la Universidad. Las consultas se realizaron en los  $mm$  1, 3, 5, 6, 8 y 10.

## II.IV. Análisis gráfico de Índice de Irrespeto al Peatón y Subíndice de Respeto al Peatón

Se realizó a partir del resultado del cálculo de indicadores e índices y sus diferenciales después de la aplicación de los instrumentos 2b, 3 y 4. Se basó en los resultados de los indicadores e índices y sus deltas en los 10 *mm*. Se analizaron los siguientes datos:

- $IIP_k$ . Permite evidenciar los cambios en el comportamiento de conductores, y discriminarlos por punto geográfico, en términos del irrespeto al peatón.
- $\Delta IIP_{Area\ LB}$  y  $\Delta IIP_{Area}$ . Permite identificar los cambios en el comportamiento de conductores en un área geográfica respecto a su línea base y los valores parciales en cada *mm*.
- $SRP_{Area}$  y  $SRP_p$ . Permite comparar el fenómeno de la conducta de respeto, percibido y observado.

### III RESULTADOS

Este estudio empírico, de muestreo probabilístico, introdujo al IRP como un instrumento para medir la realidad social. El IRP permitió explicar la relación entre el incumplimiento a la norma legal y el respeto al peatón. Posibilitó observar una realidad social desde la perspectiva externa y objetiva de SP, que incluye la percepción ciudadana. Estableció una forma de entender los vínculos entre las conductas de riesgo y las conductas seguras. Su análisis pasó de una medida dicotómica de cumplimiento, dada por indicadores, a la representación de un fenómeno social, dada por una métrica social.

El instrumento 1 tuvo un enfoque normativo, de derechos y deberes. Se obtuvo que el 86 % de los encuestados (41.1 % hombres y 58.9 % mujeres) creen que, como peatón, los conductores deberían detenerse para que aquel cruce el paso peatonal. Las respuestas reflejaron que dicha porción de los encuestados conoce la norma, por lo que el primer segmento de la hipótesis de la imagen abstracta fue aceptado.

En lo que respecta al instrumento 2a, se obtuvo que el 64.6 % de los encuestados (50.4 % hombres y 49.6 % mujeres) consideraron que los conductores que se movilizan dentro del campus universitario respetaron al peatón. Sin embargo, la aplicación del instrumento 2b en el *mm* 1, en todos los puntos geográficos, constituyó la LB, con 321 observaciones, e indicó que la fracción de los conductores que respeta al peatón fue del 35.8 %. La divergencia entre estas dos fracciones sugirió incorporar la tolerancia al primer segmento de la hipótesis, y permitió aceptar el segundo, donde el significado de 'respeto al peatón' no es claro.

Adicionalmente, el instrumento 2b arrojó datos de otros 9 *mm*, correspondientes a n, R e I, que se almacenaron en la Tabla 3. En total se analizaron 2892 interacciones. Se identificaron 1512 eventos de conductas de respeto (R = 52.3 %). 1311 conductas de irrespeto correspondieron a e(1), 14 a e(2), y 55 e(3). La norma legal peatonal con mayor número de incumplimientos en la población de estudio fue DZ (F(1) = 95 %), seguida de DP (F(2) = 4 %) y finalmente DV (F(3) = 1 %).

Los e(j) y F(j) permitieron identificar los puntos con mayor recurrencia de incumplimientos a las normas pro peatón, teniendo en cuenta que el punto geográfico a) presentó un cambio en infraestructura en el *mm* 7 y pasó a ser a'). El punto geográfico b) presentó mayor número de incumplimientos, mientras que d) presentó el menor número. Los resultados de esta evaluación se muestran en la Tabla 4.

Tabla 3. Datos resultantes de aplicación del instrumento 2b

mm	Mes	Intervención	Punto geográfico	n	R	I	e(1)	e(2)	e(3)	Q(1) (%)	Q(2) (%)	Q(3) (%)	SIP <sub>k</sub> (%)	IIP <sub>k</sub> (%)	ΔIIP <sub>k</sub> (%)	ΔIIP <sub>k</sub> LB (%)	SRP <sub>k</sub> (%)	IRP <sub>k</sub> (%)	ΔIRP <sub>k</sub> (%)	ΔIRP <sub>k</sub> LB (%)	SRPp(%)	error SIRP (%)		
1	2	N/A (línea base)	a)	71	15	56	53	1	2	74.9	0.8	3.2	78.9	25.9	No aplica	No aplica			21.1	16.2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	84	34	50	48	1	2	56.5	0.6	2.4	59.5	19.5					40.5	31.0				
			c)	104	33	71	67	1	3	64.9	0.7	2.7	68.3	22.4					31.7	24.3				
			d)	62	33	29	28	0	1	44.4	0.5	1.9	46.8	15.3					53.2	40.7				
			Área	321	115	206	196	2	8	61.0	0.6	2.6	64.2	21.0					CES	35.8				
2	9	1	a)	117	23	94	89	1	4	76.3	0.8	3.2	80.3	26.3	0.5	0.5	19.7	15.0	-1.1	-1.1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	100	30	70	67	1	3	66.5	0.7	2.8	70.0	22.9	3.4	3.4	30.0	23.0	-8.0	-8.0				
			c)	84	42	42	40	0	2	47.5	0.5	2.0	50.0	16.4	-6.0	-6.0	50.0	38.3	14.0	14.0				
			d)	66	35	31	29	0	1	44.6	0.5	1.9	47.0	15.4	0.1	0.1	53.0	40.6	-0.1	-0.1				
			Área	367	130	237	225	2	9	61.3	0.6	2.6	64.6	21.2	0.1	0.1	35.4	27.1	-0.3	-0.3				
3	13	2	a)	80	17	63	60	1	3	74.8	0.8	3.2	78.8	25.8	-0.5	0.0	21.3	16.3	1.2	0.1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	102	21	81	77	1	3	75.4	0.8	3.2	79.4	26.0	3.1	6.5	20.6	15.8	-7.2	-15.2				
			c)	80	46	34	32	0	1	40.4	0.4	1.7	42.5	13.9	-2.5	-8.4	57.5	44.0	5.7	19.7				
			d)	54	37	17	16	0	1	29.9	0.3	1.3	31.5	10.3	-5.1	-5.0	68.5	52.4	11.9	11.7				
			Área	316	121	195	185	2	8	58.6	0.6	2.5	61.7	20.2	-0.9	-0.8	38.3	29.3	2.2	1.9				
4	14	2 y 3	a)	87	12	75	71	1	3	81.9	0.9	3.4	86.2	28.3	2.4	2.4	13.8	10.6	-5.7	-5.6	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	96	35	61	58	1	2	60.4	0.6	2.5	63.5	20.8	-5.2	1.3	36.5	27.9	12.1	-3.1				
			c)	90	26	64	61	1	3	67.6	0.7	2.8	71.1	23.3	9.4	0.9	28.9	22.1	-21.9	-2.2				
			d)	48	30	18	17	0	1	35.6	0.4	1.5	37.5	12.3	2.0	-3.0	62.5	47.8	-4.6	7.1				
			Área	321	103	218	207	2	9	64.5	0.7	2.7	67.9	22.3	2.0	1.2	32.1	24.6	-4.7	-2.9				
5	15	2, 3 y 4	a)	53	5	48	46	0	2	86.0	0.9	3.6	90.6	29.7	1.4	3.8	9.4	7.2	-3.3	-8.9	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	71	41	30	29	0	1	40.1	0.4	1.7	42.3	13.9	-7.0	-5.7	57.7	44.2	16.3	13.2				
			c)	90	47	43	41	0	2	45.4	0.5	1.9	47.8	15.7	-7.6	-6.7	52.2	40.0	17.9	15.7				
			d)	48	24	24	23	0	1	47.5	0.5	2.0	50.0	16.4	4.1	1.1	50.0	38.3	-9.6	-2.5				
			Área	262	117	145	138	1	6	52.6	0.6	2.2	55.3	18.1	-4.1	-2.9	44.7	34.2	9.6	6.8				
6	21	2, 3, 4 y 5	a)	82	20	62	59	1	2	71.8	0.8	3.0	75.6	24.8	-4.9	-1.1	24.4	18.7	11.4	2.5	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	91	40	51	48	1	2	53.2	0.6	2.2	56.0	18.4	4.5	-1.1	44.0	33.6	-10.6	2.7				
			c)	90	46	44	42	0	2	46.4	0.5	2.0	48.9	16.0	0.4	-6.4	51.1	39.1	-0.9	14.8				
			d)	52	31	21	20	0	1	38.4	0.4	1.6	40.4	13.2	-3.2	-2.1	59.6	45.6	7.4	4.9				
			Área	315	137	178	169	2	7	53.7	0.6	2.3	56.5	18.5	0.4	-2.5	43.5	33.3	-0.9	5.9				
7	25	2, 3, 4, 6, 7 y 8	a)	74	50	24	23	0	1	30.8	0.3	1.3	32.4	10.6	-14.2	-15.2	67.6	51.7	33.0	35.5	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	81	46	35	33	0	1	41.0	0.4	1.7	43.2	14.2	-4.2	-5.3	56.8	43.5	9.8	12.5				
			c)	68	57	11	10	0	0	15.4	0.2	0.6	16.2	5.3	-10.7	-17.1	83.8	64.2	25.0	39.9				
			d)	67	41	26	25	0	1	36.9	0.4	1.6	38.8	12.7	-0.5	-2.6	61.2	46.8	1.2	6.1				
			Área	290	194	96	91	1	4	31.4	0.3	1.3	33.1	10.9	-7.7	-10.2	66.9	51.2	17.9	23.8				
8	26	2, 3, 4, 7 y 9	a)	90	79	11	10	0	0	11.6	0.1	0.5	12.2	4.0	-6.6	-21.9	87.8	67.2	15.5	51.0	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	47	29	18	17	0	1	36.4	0.4	1.5	38.3	12.6	-1.6	-7.0	61.7	47.2	3.8	16.2				
			c)	42	41	1	1	0	0	2.3	0.0	0.1	2.4	0.8	-4.5	-21.6	97.6	74.7	10.6	50.4				
			d)	59	40	19	18	0	1	30.6	0.3	1.3	32.2	10.6	-2.2	-4.8	67.8	51.9	5.1	11.2				
			Área	238	189	49	47	0	2	19.6	0.2	0.8	20.6	6.7	-4.1	-14.3	79.4	60.8	9.6	33.4				
9	28	2, 3, 4 y 7	a)	181	159	22	21	0	1	11.5	0.1	0.5	12.2	4.0	0.0	-21.9	87.8	67.2	0.1	51.1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	49	43	6	6	0	0	11.6	0.1	0.5	12.2	4.0	-8.5	-15.5	87.8	67.2	19.9	36.2				
			c)	48	45	3	3	0	0	5.9	0.1	0.3	6.3	2.0	1.3	-20.3	93.8	71.8	-3.0	47.5				
			d)	62	52	10	10	0	0	15.3	0.2	0.6	16.1	5.3	-5.3	-10.0	83.9	64.2	12.3	23.5				
			Área	340	299	41	39	0	2	11.5	0.1	0.5	12.1	4.0	-2.8	-17.1	87.9	67.3	6.5	39.9				
10	30	2, 3, 4 y 7	a)	64	53	11	10	0	0	16.3	0.2	0.7	17.2	5.6	1.6	-20.2	82.8	63.4	-3.9	47.2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
			b)	9	9	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.0	-19.5	100.0	76.5	9.4	45.6				
			c)	33	31	2	2	0	0	5.8	0.1	0.2	6.1	2.0	-0.1	-20.4	93.9	71.9	0.1	47.6				
			d)	16	14	2	2	0	0	11.9	0.1	0.5	12.5	4.1	-1.2	-11.2	87.5	67.0	2.8	26.2				
			Área	122	107	15	14	0	1	11.7	0.1	0.5	12.3	4.0	0.1	-17.0	87.7	67.1	-0.2	39.7				
Total				2892	52.3 %	47.7%	1311	14	55															

C.E.S: Cambio estadísticamente significativo.

a': cambio de infraestructura del punto a.

Tabla 4. Puntos geográficos con fracciones de incumplimiento en los 10 mm

Punto geográfico	e(1)	e(2)	E(3)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
a)	378	4	16	37.8%	0.4%	1.6%
a')	65	1	3	32.1%	0.3%	1.4%
b)	382	4	16	27.7%	0.3%	1.2%
c)	299	3	13	21.7%	0.2%	0.9%
d)	187	2	8	13.6%	0.1%	0.6%

Se calcularon las fracciones, subíndices e índices  $Q(1)$ ,  $Q(2)$ ,  $Q(3)$ ,  $SIP$ ,  $SRP$ , e  $IRP$ ,  $IIP$ , respectivamente, para cada punto geográfico  $k$ . Los resultados se tabularon en la Tabla 3. Los datos arrojaron que  $e(1)_k \gg e(2)_k$ ,  $e(3)_k$ , en tanto que  $\text{MAX} [Q(1)_k] < 86.1 \%$ ,  $\text{MAX} [Q(2)_k] < 1 \%$  y  $\text{MAX} [Q(3)_k] < 3.7 \%$ , por lo que se supuso que los  $Q(j)_k \leq 4 \%$  no reflejan resultados significativos en los  $SIP$ , tampoco en  $IIP$ , entonces, las expresiones se redujeron a

$$SIP \cong Q(1)$$

y

$$IIP \cong P_{1N}Q(1)$$

Esta última expresión es un modelo simplificado que involucra una combinación práctica de la percepción ciudadana y la observación de interacciones. Este modelo indica que la evaluación de las dimensiones  $DV$  y  $DP$  conduce a diferencias menores en  $SIP$  e  $IIP$ , por tanto, pueden despreciarse. Una posible aplicación de los índices es que el número de conductores que irrespetan ( $C_{SIP}$ ) o que respetan ( $C_{SRP}$ ) son calculables a partir de las expresiones

$$C_{IIP} = n \cdot SIP, \quad C_{IRP} = n \cdot SRP$$

La aplicación del instrumento 3, permitió determinar todos los valores de  $P_{jN}$ . El 41.6 % de los encuestados fueron hombres, y el 58.4 % mujeres. Los resultados a las tres preguntas fueron  $P_1 = 75.2 \%$ ,  $P_2 = 74.2 \%$  y  $P_3 = 80.2 \%$ ; entonces,  $\bar{P}_j = 76.5 \%$ . Después de normalizar los datos, los resultados fueron  $P_{1N} = 0.32$  ( $DZ$ ),  $P_{2N} = 0.32$  ( $DP$ ) y  $P_{3N} = 0.36$  ( $DV$ ).

Se calcularon los promedios  $SRP_{Area}$ ,  $SIP_{Area}$ ,  $IRP_{Area}$  e  $IIP_{Area}$ . Así como también los diferenciales para los  $mm$  previos a través de  $\Delta IRP_k$ ,  $\Delta IIP_k$ ,  $\Delta IRP_{Area}$ ,  $\Delta IIP_{Area}$  tanto para el instante anterior como para la referencia con  $LB$   $\Delta IRP_{kLB}$ ,  $\Delta IIP_{kLB}$ ,  $\Delta IRP_{AreaLB}$ ,  $\Delta IIP_{AreaLB}$ , y sus respectivos promedios. Los resultados del instrumento 4, donde el 39 % fueron hombres y el 61 % fueron mujeres, son reportados en la Tabla 3; así como también, los resultados de la encuesta de  $SRP_p$ , y su error relativo ( $e SRP_{Area}$ ).

Los  $SIP$  y  $SRP$  permiten determinar el efecto de la aplicación de intervenciones en la reducción de conductas de riesgo en pasos peatonales no semaforizados. La interdependencia de los subíndices  $SIP$  y  $SRP$  obliga a establecer criterios de selección para determinar el que esté acorde con el foco de interés. En este sentido, en este trabajo,  $SIP$  e  $SRP$ , fueron tratadas de la misma manera sabiendo que su complementariedad señala comportamientos opuestos. Excluyen la percepción social y proporcionan una visión simple del cumplimiento de las normas de tránsito pro peatón.

Los IIP e IRP son inversamente proporcionales y su amplitud, dada por los ponderadores, demarca la diferencia con SIP e SRP. En efecto,  $SIP_{Area}$ ,  $SRP_{Area}$ ,  $IIP_{Area}$  e  $IRP_{Area}$  arrojan los promedios y son una forma de resumir los comportamientos en los puntos geográficos  $k$ . A continuación, se sugieren algunas aplicaciones, donde se muestra la capacidad de los instrumentos previamente mencionados para medir el comportamiento de los conductores de vehículos, motivados por la aplicación de intervenciones pro peatón. Las interpretaciones sujetas a la aparición de efectos en el comportamiento son amplias, multifactoriales y sugieren estudios a futuro.

Los cálculos de  $SIP_k$  y  $SRP_k$  en el  $mm$  1, para todos los puntos geográficos  $k$ , permitieron determinar el efecto aproximado de la infraestructura peatonal en el comportamiento de los conductores. En este aspecto, es importante considerar que esta afirmación surge a partir del hecho de que, en dicho  $mm$  1, no se aplicó ninguna intervención, y se acepta la incertidumbre sujeta al comportamiento a causa de la heterogeneidad de la sociedad y sus previas experiencias. Estas medidas corresponden a la LB del estudio ( $SIP_{kLB}$  e  $SRP_{kLB}$ ). La mayor influencia de la infraestructura se presentó en el punto d) con unas mediciones de  $SIP_d = 46.8\%$  e  $SRP_d = 53.2\%$ , y el efecto contrario se presentó en el punto a) donde  $SIP_a = 78.9\%$  e  $SRP_a = 21.1\%$ .

Se realizó el promedio ponderado de  $SIP_k$  y  $SRP_k$  para cada punto geográfico  $k$  en los 10  $mm$ . Se determinó que el punto geográfico a) presentó el  $SIP_k$  más alto, mientras que el más bajo fue a'). Los cruces peatonales tipo cebra presentaron menos nivel de respeto que los otros tipos de cruces. Los resultados se tabularon en la Tabla 5.

Tabla 5. Cálculo de SIP y SRP en todos los puntos geográficos y  $mm$

Punto geográfico	Tipo de paso peatonal	n	SIP <sub>k</sub>	SRP <sub>k</sub>
a)	Cruce Cebra	490	81.2%	18.8%
a')	Plataforma de uso mixto a desnivel	409	16.6%	83.4%
b)	Pompeyano	730	55.1%	44.9%
c)	Plataforma de uso mixto a nivel	729	43.2%	56.8%
d)	Plataforma de uso mixto a nivel	534	36.9%	63.1%

La combinación de la percepción ciudadana, a través de los ponderadores, con las medidas registradas en el  $mm$  1, generó intercambios de dominancia (de  $SIP_k > SRP_k$  a  $IIP_k < IRP_k$ , o viceversa) entre las conductas de respeto e irrespeto en los puntos b) (de  $SIP_b = 59.5\%$  e  $SRP_b = 40.5\%$  a  $IIP_b = 19.5\%$  a  $IRP_b = 31.5\%$ ) y c) (de  $SIP_c = 68.3\%$  e  $SRP_c = 31.7\%$  a  $IIP_c = 22.4\%$  a e  $IRP_c = 24.3\%$ ). En consecuencia, se presentó un cambio respecto de la LB de  $SIP_{Area} = 64.2\%$  y  $SRP_{Area} = 35.8\%$  a  $IIP_{Area} = 35.8\%$  e  $IRP_{Area} = 27.4\%$ , lo cual señaló un estado indeseable del nivel de respeto en el área de estudio. A partir de esto, se determinó que  $SIP_k$  e  $SRP_k$  presentaron un factor de reducción de 32.8% y 76.5% al ser sintetizados a IIP e IRP, respectivamente.

El cálculo de  $IIP_k$  en todos los  $mm$ , permitió determinar que el nivel máximo de irrespeto de los conductores por punto fue  $IIP_a = 29.7\%$  ( $IRP_a = 7.2\%$ ), se registró en el  $mm$  5, y

correspondió a la aplicación de las intervenciones 1, 2, 3 y 4. Se obtuvo después de 53 interacciones con una influencia del 86 % de  $Q(1)_a$ , 0.9 % de  $Q(2)_a$ , y 3.6 % de  $Q(3)_a$ . El efecto contrario se obtuvo en el *mm* 10, donde no hubo nuevas intervenciones, con un valor de  $IIP_b = 0\%$  ( $IRP_b = 76.5\%$ ) lo cual señaló que no se detectó ninguna conducta de irrespeto en 9 interacciones observadas. Los cambios de dominancia de SIP y IIP y de SRP y IRP se presentaron en los *mm* y puntos geográficos indicados en la Tabla 6.

Tabla 6. Momentos de muestreo (*mm*) y puntos geográficos que presentaron cambios de dominancia.

<i>mm</i>	Punto geográfico
2	b) y c)
4	b)
5	d)
6	b)

Los porcentajes de respeto medidos por área geográfica ( $IRP_{Area}$ ) fueron superiores a los de irrespeto ( $IIP_{Area}$ ) en todos los *mm*. La medición de mayor magnitud de irrespeto fue  $IIP_{Area} = 22.3\%$  ( $IRP_{Area} = 24.6\%$ ), en el *mm* 4, después de aplicar las intervenciones 1, 2 y 3; mientras que la de mayor nivel de respeto fue  $IRP_{Area} = 67.3\%$  ( $IIP_{Area} = 4\%$ ) en el *mm* 9, donde no se aplicó ninguna intervención. Por otro lado, se presentaron coincidencias en las mediciones de los *mm* 5-6 ( $IIP_{Area} \approx 18.5\%$ ) y 9-10 ( $IIP_{Area} \approx 4\%$ ); es decir, después de la aplicación de todas las intervenciones. El promedio ponderado de  $IIP_{Area}$  fue 15.6 %, mientras que  $IRP_{Area}$  fue 37 %, lo cual señaló un nivel de respeto dominante en muestra evaluada. Las mayores divergencias entre  $IRP_{Area}$  e  $IIP_{Area}$  se presentaron a partir del *mm* 6 alcanzando una diferencia máxima de 63.3 % en el *mm* 9. La diferencia mínima se capturó en el *mm* 4 con un valor de 2.3 %. La brecha entre esos índices marca la influencia de la percepción social y no solo la diferencia esperada de ser fracciones aritméticas.

Dada su secuencialidad con efecto acumulativo cruzado, y a veces concomitancia, no es posible atribuir un cambio de comportamiento a una intervención particular; sin embargo, fue posible determinar el efecto transitorio inicial que ocurre después de la aplicación de una intervención, entendiendo, por la literatura, que cada intervención motiva a un cambio en el comportamiento que es dinámico, interdependiente, y se combina con el perfil de comportamiento de los conductores, la realidad social de la ciudad y el contexto donde se desenvuelve el sujeto, entre muchos otros.

### III.1. Aplicación del análisis diferencial tipo delta

El análisis fue realizado utilizando las expresiones diferenciales indicadas previamente y el resultado de la prueba de la hipótesis.  $\Delta IRP_k$  e  $\Delta IIP_k$  entregan una medida aproximada del efecto de una o varias intervenciones en el comportamiento de conductores en todos los puntos  $k$ ; es decir, despreciando el impacto de intervenciones previas. Los resultados en celdas de color verde de la Tabla 3 son valores con diferencias estadísticamente significativas en relación con los valores previos o LB de la misma variable. El único cambio estadísticamente significativo en  $\Delta IIP_k$  se presentó en el punto a), después del

*mm* 7 ( $\Delta IIP_a = -14.2\%$ ,  $\Delta IRP_a = 33\%$ ), al aplicar las nuevas intervenciones 6, 7 y 8. Mientras que para  $\Delta IRP_k$  se presentaron cambios significativos, favorables al respeto ( $\Delta IRP_k > 0\%$ ), en los *mm* y puntos geográficos indicados en la Tabla 7.

Tabla 7. Momentos de muestreo (*mm*) y puntos geográficos que presentaron cambios estadísticamente significativos en  $\Delta IRP_k$  favorables al respeto al peatón.

<i>mm</i>	Punto geográfico
7	a y c
9	b
5	b y c
8	a
2	c
4	b
6	a

Consecuentemente, se presentaron cambios significativos en las mediciones de  $\Delta IRP_{Area}$ , particularmente en los *mm* 5 ( $\Delta IRP_{Area} = 9.6\%$ ) después de la aplicación de la intervención 5, 7 ( $\Delta IRP_{Area} = 17.9\%$ ) después de la aplicación de las intervenciones 6-8, y 8 ( $\Delta IRP_{Area} = 9.6\%$ ) después de la aplicación de la intervención 9.

Los cuatro *mm* donde se estiman mayores efectos transitorios favorables al respeto en el área geográfica analizada, obtenido con  $\Delta IRP_{Area}$ , se presenta en orden descendente en la Tabla 8.

Tabla 8. Listado descendente de comportamientos transitorios favorables al respeto

<i>mm</i>	$\Delta IRP_{Area} (\%)$	IRP (%)
7	17.9	66.9
5	9.6	44.7
8	9.6	79.4
9	6.5	87.9

$\Delta IRP_{kLB}$  y  $\Delta IIP_{kLB}$  entregan una medida del efecto acumulado de intervenciones en el comportamiento de conductores. El 100 % de los cambios estadísticamente significativos en  $\Delta IIP_{kLB}$  se presentaron después del *mm* 6, ver Tabla 9.

Tabla 9. Lista de *mm* y puntos geográficos en los que se generaron cambios estadísticamente significativos en  $\Delta IIP_{kLB}$ .

<i>mm</i>	Punto geográfico
7	a y c
8	a y c
9	a, b, c y d
10	a, b, c y d

Estos resultados implicaron cambios significativos en  $\Delta IRP_{Area}$ , en los *mm* 9, 10, 8 y 7.

Los *mm* donde se detectaron efectos favorables al respeto ( $\Delta IRP_{AreaLB} > 0\%$ ) fueron 10, 9, 8, 7, 6, 5 y 3. En el aspecto opuesto, los *mm* donde se presentaron conductas desfavorables al respeto ( $\Delta IRP_{AreaLB} < 0\%$ ) fueron 2 y 4. En consonancia a los datos de la Tabla 5, y la aplicación de intervenciones, se obtuvo que

los *mm* que presentaron mejores resultados en  $\Delta IRP_k$  y  $\Delta IRP_{kLB}$ , fueron 8, 7 y 5. Los comportamientos de  $\Delta IIP_{Area LB}$  y  $\Delta IIP_{Area}$  fueron estudiados gráficamente.

### III.II. Análisis gráfico del Índice de Respeto al Peatón

$IIP_k$ ,  $\Delta IIP_{Area LB}$ ,  $\Delta IIP_{Area}$ , SRP Area, y SRP<sub>p</sub> fueron graficados en la figura 2; asimismo, la duración de las 9 intervenciones en los *mm*.

El gráfico 2a presenta el resultado del cálculo de  $IIP_k$  en todos los puntos geográficos *k* y *mm*. Permitió discriminar, el impacto temporal de las intervenciones en términos del nivel de irrespeto al peatón. Evidenció un contraste de los comportamientos de los conductores en los puntos a) y b) en toda su extensión temporal, a excepción del intervalo comprendido entre los *mm* 6 y el 7 donde a partir de su pendiente negativa ( $\Delta IIP_a = -15.2\%$  y  $\Delta IIP_b = -5.3\%$ ), después de aplicar la intervención 6, se evidenció un decaimiento colectivo en todos los puntos favorable al respeto. Se experimentó un incremento generalizado de nivel de  $IIP_k$  en el *mm* 2, al aplicar la intervención 1, y un decremento dominante a partir del *mm* 2, en 321 y 367 interacciones, respectivamente. Los intervalos de los *mm* 4-5, 5-6 y 8-9 presentaron intermitencia no periódica, de acuerdo con el signo de la pendiente. Finalmente, se evidenció un comportamiento favorable al respeto en los *mm* 7-8 en todos los puntos geográficos *k*. Los valores más altos que se apreciaron en el punto geográfico a) se presentaron en el *mm* 9, mientras que los más bajos fueron en el *mm* 5, después de aplicar las intervenciones 1, 2, 3 y 4. Los resultados más altos del punto b) ocurrieron en el *mm* 10 y los más bajos fueron en el *mm* 3, después de aplicar las intervenciones 1 y 2. Por otro lado, el valor máximo de nivel de respeto en el punto c) fue en el *mm* 10; sin embargo, el valor mínimo fue en el *mm* 4, después de aplicar las intervenciones 1, 2 y 3. Ahora, los mejores resultados en el punto d) se evidenciaron en el *mm* 10; en contraste, los peores fueron en el *mm* 5.

El gráfico 2b presenta el resultado de  $\Delta IIP_{Area LB}$  y  $\Delta IIP_{Area}$  en todos los *mm*. Ambas variables permiten identificar los comportamientos de los conductores entre el instante actual con su LB y con el instante inmediatamente anterior, respectivamente. Cada ventana de tiempo corresponde a una transición del respeto entre dos *mm*. En el primer *mm* (LB) no se presentó un valor diferencial, dado que no existe un *mm* anterior. El valor mínimo de  $\Delta IIP_{Area}$  fue  $-7.7\%$  y sucedió entre los *mm* 6-7, después de 605 interacciones, representó el cambio más favorable al respeto. El valor máximo de  $\Delta IIP_{Area}$  fue  $2\%$ , sucedió entre los *mm* 3-4, al aplicar las intervenciones 1, 2 y 3, y representó la transición más desfavorable al respeto. Los *mm* 2-3, 4-5, 6-7, 7-8 y 8-9 corresponden a impactos positivos de las intervenciones aplicadas, mientras que los *mm* 3-4, 5-6 y 9-10 no mostraron efectos positivos en el comportamiento de los conductores. A partir del *mm* 7, las intervenciones aplicadas tendieron a aplanar el comportamiento de  $\Delta IIP_{Area}$ . A pesar de la no aplicación de intervenciones en los *mm* 9 y 10, el  $IIP_{Area}$  se sostuvo, lo que indicó que se presentó un efecto inercial que redujo el  $\Delta IIP_{Area}$  a  $0.1\%$ . El valor máximo de  $\Delta IIP_{Area LB}$  fue  $1.2\%$ , en el *mm* 4, al aplicar la intervención 3; en tanto que, el mínimo fue  $-17.1\%$  en el *mm* 9.

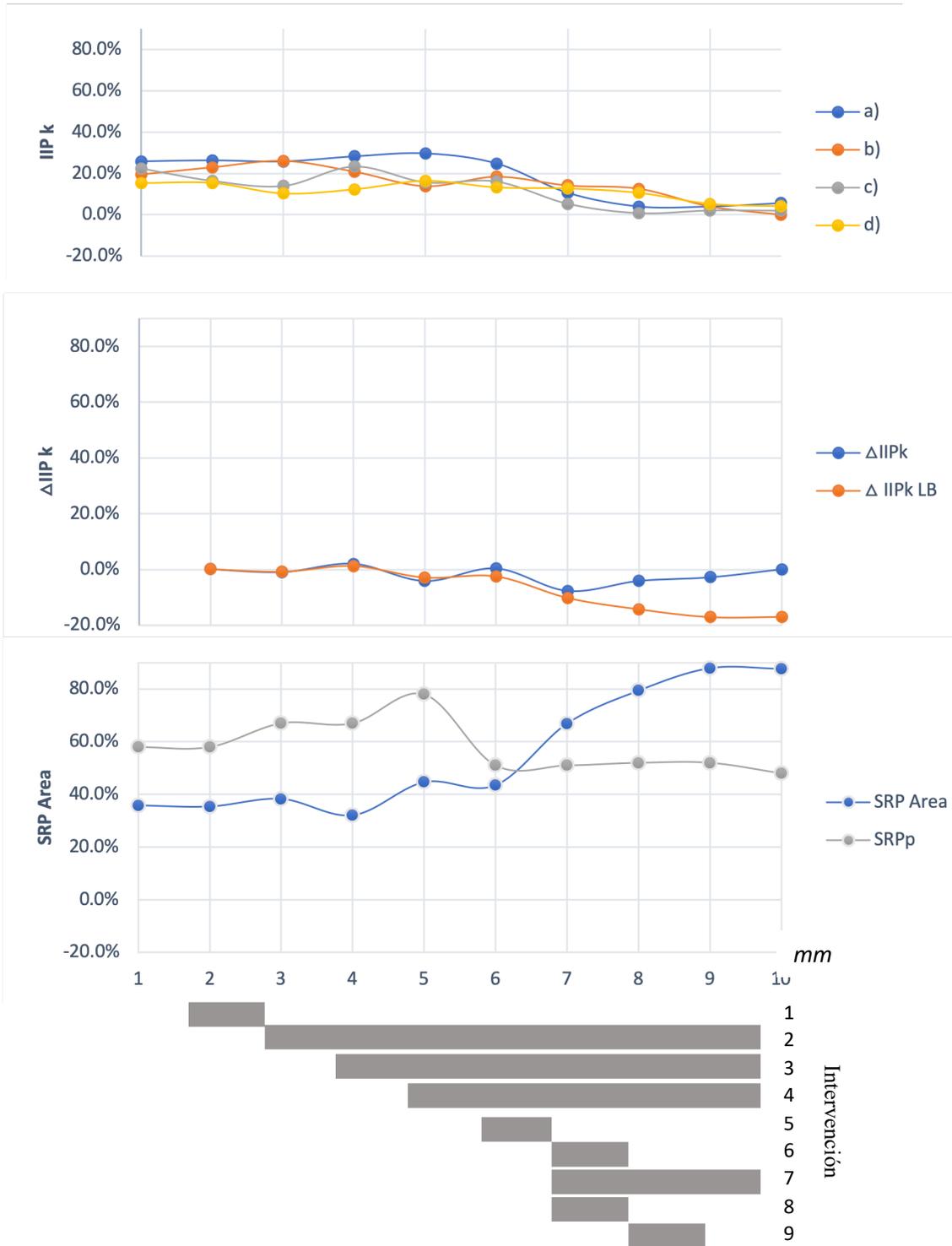


Figura 2. a) Comportamientos temporales del IIP por punto geográfico; b) Comportamientos temporales del  $\Delta IIP_k$  e  $\Delta IIP_{k, LB}$  y c) Comportamientos del  $SRP_{Area}$  y  $SRP_p$ . Cada comportamiento surgió al aplicar intervenciones en ventanas de tiempo correspondientes a cada momento de muestreo

El gráfico 2c presenta los resultados de  $SRP_{Area}$ , e  $SRP_p$ . Permitió conocer las desviaciones entre las medidas de observación y percepción del fenómeno de incumplimiento a la norma pro peatón. El valor máximo de  $SRP_{Area}$  fue de 87.9 %, mientras que el mínimo fue 32.1 % en el *mm* 4. Los comportamientos de las pendientes positivas y negativos de  $SRP_{Area}$ , y  $SRP_p$  coincidieron en todo el estudio, lo cual señala que la percepción y observación de comportamientos en conductores son directamente proporcionales; sin embargo, se presentaron errores significativos en cada *mm*. El error máximo calculado ( $e_{SRP}$ ) entre  $SRP_p$  e  $SRP_{Area}$  fue 82.7 %, mientras que el mínimo fue 14.7 %. Se generó un decaimiento, en el *mm* 6, tanto en  $SRP_p$  como  $SRP_{Area}$ ; sin embargo, a partir del *mm* 7 se generó un ascenso hasta el *mm* 9 a diferentes escalas, lo que resultó en un notorio error que ascendió de 14.7 % a 82.7 %, un factor de escala aproximado de 2. No se consideró una comparación de  $IIP_{Area}$  con  $IRP_{Area}$  dado que ambos incluyen el efecto de la participación ciudadana.

#### IV CONCLUSIONES

Se proponen el Índice de Respeto al Peatón (IRP) y el Índice de Irrespeto al Peatón (IIP) como herramientas que permiten medir los comportamientos de conductores en los pasos peatonales no semaforizados. Estos permiten mejorar el entendimiento de las relaciones peatón-conductor y facilitan una reflexión objetiva del comportamiento anómico de conductores en pasos peatonales. Por tal razón, el uso de este tipo de métricas sociales podría ser útil para la construcción de estrategias de seguridad vial que promuevan la reducción de conductas de riesgo.

La combinación de la Técnica de Análisis de Conflictos de Tráfico y la operacionalización del incumplimiento con la norma de tránsito pro peatón propicia que el respeto a los peatones sea un hecho claramente distinguible, comprensible y medible mediante observación empírica. Permite crear una estructura de indicadores compatibles para ser usados en contextos similares. Por tanto, la reproducibilidad de tal combinación podría ser útil para la creación de instrumentos que evidencien la realidad social para producir, finalmente, conductas seguras en la vía.

La divergencia entre percepción y observación, que fundamentó la imagen abstracta de la realidad social, revela la distorsión del respeto al peatón. La opinión colectiva favorable al conductor, de respeto aparentemente otorgado a los peatones, en los cruces permitidos, no coincide con el cumplimiento observado a la norma legal pro peatón. Esto demuestra que la cultura de la legalidad, en la población estudiada, es aún débil frente al deber ser y no es un imperativo social de orden.

La expresión IIP es simplificable a la dimensión normativa de no reconocer la prioridad de los peatones en el área geográfica en la cual el estudio fue llevado a cabo. La ocurrencia del incumplimiento a la norma, de no detenerse ante la presencia del peatón en cruces no semaforizados, seguida de la percepción ciudadana, son determinantes en el cálculo del nivel de irrespeto al peatón. Lo anterior, sugiere que las observaciones estén enfocadas a construir modelos matemáticos que involucren aspectos dominantes

en el área geográfica, lo cual reduciría los criterios de evaluación a partir de la realimentación de las primeras mediciones y, en consecuencia, la duración del análisis de las conductas de riesgo correspondientes al incumplimiento de las normas pro peatón.

El análisis diferencial en el tiempo a partir de IIP e IRP es una herramienta insuficiente para identificar el efecto individual de una intervención cuando coexiste con otras. Aún así, resulta útil para mejorar el entendimiento de efectos transitorios. Su combinación con la prueba de la hipótesis, permite obtener una visión generalizada del nivel de respeto efectivo después de un momento de muestreo determinado que permitirían a los tomadores de decisión reorientar las estrategias de seguridad vial y optar por intervenciones sociales de probada eficacia.

## V AGRADECIMIENTOS

La financiación de esta publicación fue posible gracias a la Universidad Pontificia Bolivariana (código asignado 097C-05/18-22, 2018). Los autores agradecen a los participantes en el estudio, asistentes de investigación y grupos de interés institucionales por posibilitar la realización de las intervenciones y apoyar la recolección de información para esta investigación, en su sede central. Así mismo, al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación – MinCiencias por posibilitar el desarrollo de este estudio mediante la vinculación de dos de los autores en los Programas Becas de Doctorado y Jóvenes Investigadores.

## VI REFERENCIAS

- [1] A. Espinosa López, G. Cabrera Arana, and N. Velásquez Osorio, “Epidemiología de incidentes viales Medellín-Colombia, 2010-2015,” *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 35, no. 1, pp. 7–15, 2017.
- [2] S. A. Useche, F. Alonso, L. Montoro, and C. Esteban, “Explaining self-reported traffic crashes of cyclists: An empirical study based on age and road risky behaviors,” *Safety Science*, no. November, 2018.
- [3] N. Sümer, “Personality and behavioral predictors of traffic accidents: Testing a contextual mediated model,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, no. 6, pp. 949–964, 2003.
- [4] N. Durán and N. Moreno, “Personalidad e infracciones frecuentes Personality and frequent violations of traffic rules Resumen Introducción,” *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, vol. 12, no. 1, pp. 123–136, 2016.
- [5] S. Jung, X. Qin, and C. Oh, “Improving strategic policies for pedestrian safety enhancement using classification tree modeling,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 85, pp. 53–64, 2016.
- [6] T. Zhang, F. Hajiseyedjavadi, Y. Wang, S. Samuel, X. Qu, and D. Fisher, “Training interventions are only effective on careful drivers, not careless drivers,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 58, pp. 693–707, 2018.

- [7] J. C. F. De Winter and D. Dodou, "The driver behaviour questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis," *Journal of Safety Research*, vol. 41, no. 6, pp. 463–470, 2010.
- [8] H. W. Warner and L. Åberg, "Drivers' tendency to commit different aberrant driving behaviours in comparison with their perception of how often other drivers commit the same behaviours," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 27, no. PA, pp. 37–43, 2014.
- [9] Área Metropolitana del Valle de Aburrá., "Plan de Gestión 2016-2019 SOMOS 10 Territorios Integrados.," p. 358, 2016.
- [10] Banco de desarrollo de América Latina, *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. 2011.
- [11] E. A. Salazar Henao, "Discapacidad de Origen Vial en Medellín, Colombia 2004 – 2017," Universidad de Antioquia, 2019.
- [12] J. Gutierrez, Ó. W. Martinez, and M. Lobos, *El comportamiento agresivo al conducir*, 1st ed. El Salvador: Tecnoimpresos, S.A, 2017.
- [13] S. Merlino and L. Mondada, "Crossing the street: How pedestrians interact with cars," *Language and Communication*, pp. 1–17, 2018.
- [14] J. L. Nasar, "Prompting drivers to stop for crossing pedestrians," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 6, no. 3, pp. 175–182, 2003.
- [15] I. Kaparias, M. G. H. Bell, T. Biagioli, L. Bellezza, and B. Mount, "Behavioural analysis of interactions between pedestrians and vehicles in street designs with elements of shared space," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 30, pp. 115–127, 2015.
- [16] J. De Dios Izquierdo, R. D. Torres Kumbrián, and L. Martínez, "Control Social Del Tráfico Y Empoderamiento Social. Grupos De Riesgo: Jóvenes Y Mayores," *Revista Barataria*, no. 16, pp. 161–176, 2013.
- [17] M. García Villegas, "DISOBEYING THE LAW: THE CULTURE OF NON-COMPLIANCE WITH RULES IN LATIN AMERICA," *Wisconsin International Law Journal*, vol. 29, no. 2, pp. 264–287, 2010.
- [18] J. I. Ruiz-Pérez, I. T. Beltrán, D. A. Lamus, and L. J. Leal-Salazar, "Representaciones sociales de normas de tránsito, agresividad, facilidad percibida en la conducción, accidentes y multas en conductores de Bogotá, D. C.," *Revista Criminalidad*, vol. 56, no. 2, pp. 291–307, 2014.
- [19] M. García Villegas, *Normas de papel. La cultura del incumplimiento de reglas*, no. 1. Bogotá: Siglo del hombre, 2009.
- [20] European Transport Safety Council, "Raising Compliance with Road Safety Law," 2011.
- [21] J. Reason, A. Manstead, S. Stephen, J. Baxter, and K. Campbell, "Errors and violations on the roads: A real distinction?," *Ergonomics*, vol. 33, no. 10–11, pp.

1315–1332, 1990.

- [22] Dirección de Tránsito y Transporte Centro Observatorio del Delito, “Caracterización de la accidentalidad en Colombia: análisis del fenómeno desde el estudio del factor humano,” *Observatorio del delito Dirección de Tránsito y Transporte*, no. 1, 2015.
- [23] V. Chancí, “Análisis del comportamiento peatonal de los usuarios en medellín con relación al uso de las cebras, los semáforos y los puentes peatonales 2011- 2012,” Universidad de Medellín, Medellín, 2012.
- [24] J. Albusac, D. Vallejo, J. J. Castro-Schez, and C. Gzlez-Morcillo, “An expert fuzzy system for improving safety on pedestrian crossings by means of visual feedback,” *Control Engineering Practice*, vol. 75, no. March, pp. 38–54, 2018.
- [25] E. Mako and P. Szakonyi, “Evaluation of Human Behaviour at Pedestrian Crossings,” *Transportation Research Procedia*, vol. 14, pp. 2121–2128, 2016.
- [26] O. Basile, L. Persia, and D. S. Usami, “A methodology to assess pedestrian crossing safety,” *European Transport Research Review*, vol. 2, no. 3, pp. 129–137, 2010.
- [27] M. Soilán, B. Riveiro, A. Sánchez-Rodríguez, and P. Arias, “Safety assessment on pedestrian crossing environments using MLS data,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 111, no. November 2017, pp. 328–337, 2018.
- [28] F. Bella and M. Silvestri, “Effects of safety measures on driver’s speed behavior at pedestrian crossings,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 83, pp. 111–124, 2015.
- [29] C. Mejía, M. J. Betancur, and J. J. Pérez, “Movilidad segura en un campus universitario,” in *Salud Pública. Enfoque preventivo, integrado y práctico*, 1st ed., E. de C. de la Salud, Ed. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2019, pp. 529–540.
- [30] M. J. Betancur, V. Restrepo, J. J. Perez, J. A. Restrepo, A. Agudelo, and D. Cuartas-Ramirez, “An approximation to the construction of pedestrian smart cities,” *4th IEEE Colombian Conference on Automatic Control: Automatic Control as Key Support of Industrial Productivity, CCAC 2019 - Proceedings*, 2019.
- [31] J. J. Pérez and M. J. Betancur, “A social simulation to understand driver’s conduct changes in emerging countries: Can technological interventions from pedestrians accelerate respect at permitted crossings?,” in *36th International Conference of the System Dynamics Society*, 2018, pp. 629–630.
- [32] P. K. Maghelal and C. J. Capp, “Walkability: A review of existing pedestrian indices,” *URISA Journal*, vol. 23, no. 2, pp. 5–19, 2011.
- [33] I. Kaparias, M. G. H. Bell, A. Miri, C. Chan, and B. Mount, “Analysing the perceptions of pedestrians and drivers to shared space,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 15, no. 3, pp. 297–310, 2012.
- [34] C. Hyden, “The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish traffic conflicts technique,” Sweden, 1987.

- [35] Å. Svensson and C. Hydén, “Estimating the severity of safety related behaviour,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 38, no. 2, pp. 379–385, 2006.
- [36] I. Kaparias *et al.*, “Development and implementation of a vehicle-pedestrian conflict analysis method: Adaptation of a vehicle-vehicle technique,” *Transportation Research Record*, no. 2198, pp. 75–82, 2010.
- [37] K. Salamati, B. Schroeder, N. M. Roupail, C. Cunningham, R. Long, and J. Barlow, “Development and implementation of conflict-based assessment of pedestrian safety to evaluate accessibility of complex intersections,” *Transportation Research Record*, no. 2264, pp. 148–155, 2011.
- [38] K. Ismail, T. Sayed, N. Saunier, and C. Lim, “Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts using video data,” *Transportation Research Record*, no. 2140, pp. 44–54, 2009.
- [39] A. Mockus, “Cultura ciudadana y comunicación,” *La Tadeo*, no. 68, pp. 106–111, 2003.
- [40] A. Mockus, “Convivencia como armonización de ley, moral y cultura,” *Perspectivas*, vol. XXXII, pp. 19–37, 2002.
- [41] A. Mockus and J. Corzo, “Dos caras de la convivencia. Cumplir acuerdos y normas y no usar ni sufrir violencia,” *Análisis Político*, vol. 48, pp. 26–51, 2003.
- [42] A. Pagés-Mimó, “Evaluación de resultados del programa de sensibilización y reducción para una movilidad segura como Medida Penal Alternativa.” Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, p. 249, 2015.
- [43] S. Escámez Navas, “Tolerancia y respeto en las sociedades modernas,” *Veritas: revista de filosofía y teología*, vol. III, no. 19, pp. 229–252, 2008.
- [44] J. C. Beltramino and E. Carrera, “El respeto a las normas de tránsito en la ciudad de Santa Fe, Argentina,” *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, vol. 22, no. 2, pp. 141–145, 2007.
- [45] A. Mockus, “Anfibios culturales y divorcio entre ley, moral y cultura,” *Análisis Político*, vol. 0, no. 21, pp. 37–48, 1994.
- [46] P. Bromberg, “De las encuestas bienales de cultura a un Índice de Cultura Ciudadana.” Secretaría de Cultura, Recreación y Deportes de Bogotá, pp. 0–117, 2017.
- [47] J. Raz, “On respect, authority, and neutrality: A response,” *Ethics*, vol. 120, no. 2, pp. 279–301, 2010.
- [48] Ministerio de Transporte de Colombia, *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. 2016.
- [49] Universidad de Medellín and Universidad EAFIT, “Movilidad segura en Medellín. Observatorio de políticas públicas del Concejo de Medellín.” 2017.
- [50] J. Restrepo and D. Aponte, *Guerra y violencias en Colombia. Herramientas e interpretaciones*. 2009.
- [51] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, “Metodología general

- encuesta de convivencia y seguridad ciudadana (ECSC).” Departamento Administrativo Nacional de Estadística, p. 44, 2019.
- [52] M. Rojas, *La Medición del Progreso y del Bienestar. Propuestas desde América Latina*, vol. 10, no. 29. 2011.
- [53] S. Granada, J. a. Restrepo, and C. S. Meertens, *Guerra y violencias en Colombia*. 2009.
- [54] Alcaldía de Medellín, *Cultura Ciudadana. Reflexiones Y Experiencias De Ciudad*. Medellín, 2018.
- [55] A. Espinosa López, G. Cabrera Arana, and N. Velásquez Osorio, “Epidemiología de incidentes viales Medellín-Colombia, 2010-2015,” *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 35, no. 1, pp. 7–15, 2017.
- [56] Alcaldía de Medellín, “Encuesta de Percepción Ciudadana de Medellín 2019,” 2019.
- [57] P. Dolan, M. Hallsworth, D. Halpern, D. King, and I. Vlaev, “Influencing behaviour through public policy,” pp. 1–23, 2014.
- [58] J. Echeverri Álvarez and L. Gallego Moscoso, *Cultura ciudadana. Reflexiones y experiencias de ciudad*, 1st ed. Medellín: Alcaldía de Medellín, 2018.
- [59] R. V. Montes, “Inseguridad vial y política penal en Colombia,” *Revista de derecho penal*, no. 45, pp. 119–158, 2013.
- [60] Organización Mundial de la Salud, “Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020,” 2011.
- [61] G. Cabrera-Arana and N. Velázquez-Osorio, “La década de acción en seguridad vial en Medellín, Colombia, a 2015,” *Revista de Salud Pública*, vol. 17, no. 1, pp. 140–150, 2015.
- [62] D. de tránsito y transporte dirección delInvestigación Criminal, “Caracterización de la Accidentalidad en Colombia: Análisis del Fenómeno desde el Estudio del Factor Humano,” *Observatorio del delito Dirección de Tránsito y Transporte*, no. 1, 2015.
- [63] Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, “Forensis 2017,” no. 1. 2018.
- [64] J. I. Ruiz and A. N. Herrera, “Road traffic accidents with injured in Colombia according to information sources: General characterization and accident typologies,” *CES Psicología*, vol. 9, no. 1, pp. 32–46, 2016.
- [65] F. Bella, V. Natale, and M. Silvestri, “Driver-pedestrian interaction under different road environments,” *Transportation Research Procedia*, vol. 27, pp. 148–155, 2017.
- [66] R. Torres, “intervención social y seguridad vial,” *Praxis sociológica*, vol. 10, pp. 235–249, 2006.
- [67] J. I. Nazif and G. Pérez Salas, “Experiencias internacionales en campañas integrales y efectivas de seguridad vial.” Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, p. 8, 2011.

- [68] Mintransporte de Colombia, *Manual de referencia para conductores de vehículos en general y motocicletas*. 2016.
- [69] R. Salinas de Gortari, *Empoderamiento ciudadano a través de la tecnología*, 1st ed. Ciudad de Mexico, 2016.
- [70] M. E. Merchán Pico, R. E. Pérez González, and O. P. Noreña Aristizábal, “Seguridad vial y peatonal: una aproximación teórica desde la política pública,” *Hacia la promoción de la salud*, vol. 16, no. 2, pp. 190–204, 2011.
- [71] P. Bromberg, “DE LAS ENCUESTAS BIENALES DE CULTURA A UN ÍNDICE DE CULTURA CIUDADANA,” Bogotá, 2017.
- [72] T. Guo, X. Zhang, and T. Cheng, “Evaluation of wetland ecological restoration project based on SD: A case study on Qilihai wetland in Tianjin,” *Procedia Environmental Sciences*, no. 10, pp. 2587–2593, 2011.
- [73] B. K. Bala, F. Arshad, and K. Noh, *System Dynamics. Modelling and Simulation*. Singapore: Springer Texts in Business and Economics, 2017.
- [74] J. D. W. Morecroft, *Strategic Modelling and Business Dynamics*. 2015.
- [75] alcaldía de Medellín, *Diez años contruyendo juntos Cultura Ciudadana en Medellín. Encuesta de Cultura ciudadana 2017*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [76] Corpovisionarios and Alcaldía de Medellín, “Actualización de indicadores de cultura ciudadana Medellín.” Alcaldía de Medellín, Medellín, 2017.
- [77] C. Alonso, Francisco; Calatayud and B. ;Montoro, Luis; Alamar, *Los jóvenes en el tráfico: circunstancias culturales, sociales y psicológicas*, no. October. 2004.
- [78] Gobernación de Antioquia, *Control social y rendición pública de cuentas*. 2014.
- [79] Departamento Administrativo de Planeación, “Plan Operativo Anual de Inversiones 2018,” Medellín, 2018.
- [80] H. Murrain Knudson Director Ejecutivo, A. Cristina Lesmes Patiño Directora Administrativa, A. Ramírez Pisco Directora Observatorio Edisson Aguilar Torres Laura Bustamante Atehortúa Francisco Franco Rosas, and N. López, “Actualización de indicadores cultura ciudadana medellín,” 2017.
- [81] Corpovisionarios, “Retos y oportunidades de la cultura ciudadana en Medellín. Encuesta de Cultura Ciudadana, 2015,” *Corpovisionarios & Secretaría de Cultura Ciudadana Medellín*, vol. 1, no. 107, pp. 1–107, 2015.
- [82] L. Nunes Gonzalez and J. M. Sanchez Pardo, “Psicología aplicada a la conducción,” p. 152, 2013.
- [83] Alcaldía de Medellín, *Plan de Desarrollo Medellín cuenta con vos 2016-2019*. 2016, pp. 1–635.
- [84] Fondo de Prevención Vial, “Cultura Ciudadana y Transformación de Ciudad,” Cali, 2012.
- [85] Á. V. Parra Villamil, “Ejerciendo como ciudadanos el control social sobre nuestros dirigentes,” 2013.

- [86] T. Díaz Ricardo, Y. Arrieta Leottau, and E. Mercado García, “Verificación del cumplimiento de las normas de tránsito por parte de los conductores de transporte público urbano en la ciudad de Cartagena, Colombia,” *Saber, Ciencia y Libertad*, vol. 9, no. 1, pp. 31–46, 2014.
- [87] CEPAL, “Experiencias internacionales en campañas integrales y efectivas de seguridad vial,” 2011.
- [88] L. Montoro, F. Alonso, C. Esteban, and F. Toledo, *Manual de seguridad vial: El factor humano*. Barcelona: Editorial Ariel, 2000.
- [89] M. Rodríguez Parrón, “Aportaciones de los predictores de riesgo a la educación vial en la escuela,” *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 1–141, Oct-2001.
- [90] M. Silva Martínez, “Educación vial,” 1974, no. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, pp. 1–9.
- [91] L. Arnau and J. Montané Capdevila, “Educación vial y cambio de actitudes: algunos resultados y líneas de futuro,” *Educación*, vol. 46, pp. 1–15, 2010.
- [92] Mauricio García Villegas, *Normas de papel: la cultura del incumplimiento de reglas*. 2009.
- [93] C. Bicchieri and R. Muldoon, “Normas sociales,” *Encyclopedia of Philosophy*, no. 2006. Spring, p. 36, 2014.
- [94] A. Barry and N. Thrift, “Gabriel tarde: Imitation invention and economy,” *Economy and Society*, vol. 36, no. 4, pp. 509–525, 2007.
- [95] A. Bandura, “Social Learning Theory of Aggression,” *Traffic Psychology*, no. October, pp. 1–18, 1978.
- [96] A. A. Bedoya, “Factores que inciden en la conducta de los peatones frente a las normas de seguridad vial,” 2018.
- [97] M. Perdomo, “Muertes por accidente de tránsito,” Bogotá, 2000.
- [98] A. Mockus, “Armonizar ley, moral y cultura. Cultura ciudadana, prioridad de gobierno con resultados en prevención y control de violencia en Bogotá, 1995-1997,” Banco Interamericano de Desarrollo, 1997.
- [99] S. Useche, “Análisis de errores y violaciones de tránsito en los conductores de Bogotá a través del DBQ (Driving Behavior Questionnaire),” *Revista de Psicología Jurídica*, no. October 2011, 2011.
- [100] N. Durán and N. Moreno, “Personalidad e infracciones frecuentes de normas de tránsito,” *Diversitas*, vol. 12, no. 1, p. 123, 2016.
- [101] J. I. Ruiz and L. C. López, “Escala de dificultades percibidas para la conducción, hostilidad y extraversión: un análisis correlacional en conductores de Bogotá,” *Perceived driving difficulties scale, hostility and extraversion: an correlational analysis with drivers from Bogotá.*, vol. 6, no. 2, pp. 449–462, 2010.
- [102] R. Planzer and United Nations. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. División de Recursos Naturales e Infraestructura., *La seguridad vial en*

*la región de América Latina y el Caribe : situación actual y desafíos.* 2005.

- [103] G. V. Mauricio, *La eficacia simbólica del derecho. Examen de situaciones colombianas*, vol. 33, no. 1. 1993.
- [104] R. Blasco, "Aspectos psicosociales descuidados en la psicología del tráfico." 1995.
- [105] A. Alvarado, Feyber; Villarreal, "Estrategia de comunicación y educación en seguridad vial para los centros de enseñanza automovilística en Bogotá D.C.," Pontificia Universidad Javeriana, 2015.
- [106] L. Castrillón López, *Ciudadanos, cultura, sociedad y política*, Segunda. Medellín, 2012.
- [107] Cámara de Comercio, "Encuesta de Percepción Ciudadana Medellín 2016," Medellín, 2017.
- [108] P. M. Pérez Alonso-Geta, "El Respeto a la Norma en el Desarrollo Cívico y Moral de la Ciudadanía : Retos Educativos." pp. 1–30, 2013.
- [109] N. Durán and N. Moreno, "Personalidad e infracciones frecuentes de normas de tránsito," *Diversitas*, vol. 12, no. 1, p. 123, 2016.
- [110] P. Páramo, "Comportamiento urbano responsable: las reglas de convivencia en el espacio público," *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 45, no. 3, pp. 473–485, 2013.
- [111] M. C. Jackson, *Creative holims for managers*. Chichester, West Sussex: John Wiley and Sons Inc, 2003.
- [112] S. Albin, "Building a System Dynamics Model Part 1: Conceptualization," Boston, 1997.
- [113] E. Moyano-Díaz, "Construcción de un modelo de comportamiento de riesgo vial," *Revista Chilena De Psicología*, vol. 20, pp. 126–136, 1999.
- [114] E. Norza Céspedes, E. L. Granados León, S. A. Useche Hernández, M. Romero Hernández, and J. Moreno Rodríguez, "Descriptive and explanatory components of road accident rate in Colombia: Influence of the human factor.," *Criminalidad*, vol. 56, no. 1, pp. 157–187, 2014.
- [115] M. Sucha, D. Dostal, and R. Risser, "Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 102, pp. 41–50, 2017.
- [116] L. Izquierdo, J. Galán, J. Santos, and R. Del Olmo, "Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas," *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, no. 16, pp. 85–112, 2008.
- [117] Corte Constitucional de Colombia, "Código Nacional de Tránsito Terrestre. Ley 769 de 2002." Ministerio de Tránsito y Transporte de Colombia, 2002.
- [118] J. W. Forrester, "System dynamics, systems thinking, and soft OR," *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2–3, pp. 245–256, 1994.

- [119] R. G. Coyle, *System dynamics modelling. A practical approach*. Hong Kong: Chapman and Hall, 1996.
- [120] J. W. Forrester, "Counterintuitive Behavior of Social Systems," *Theory and Decision*, vol. 2, no. 2, pp. 109–140, 1971.
- [121] C. Olaya, "Más ingeniería y menos ciencia por favor," *XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*, p. 6, 2013.
- [122] J. Moizer and I. Moffatt, "System Dynamics Modelling of Occupational Safety: A Case Study Approach."
- [123] R. Quaden, A. Ticotsky, and D. Lyneis, "Do you want fries with that? Learning about connection circles," *The shape of change. Stocks and flows*, no. 978, p. 30, 2006.
- [124] N. Repenning, "Formulando modelos de sistemas simples usando VENSIM PLE32," in *System dynamics in education project D-4697-2*, Cambridge, Massachusetts, 1998.
- [125] J. M. Lyneis, "System dynamics for business strategy: a phased approach," *System Dynamics Review*, vol. 15, no. 1, pp. 37–70, 1999.
- [126] J. B. Homer, "Why we iterate: scientific modeling in theory and practice," *System Dynamics Review*, vol. 12, no. 1, pp. 1–19, 1996.
- [127] J. D. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, vol. 6, no. 1. Irwin McGraw-Hill, 2000.
- [128] R. Oliva, "A Vensim® Module to Calculate Summary Statistics for Historical Fit," *System Dynamics Group*, vol. 10, pp. 51–56, 1995.
- [129] T. J. Chermack and L. van der Merwe, "The role of constructivist learning in scenario planning," *Futures*, vol. 35, no. 5, pp. 445–460, 2003.
- [130] S. Montes, "Diferencias individuales y correlatos psicológicos de los errores relacionados con la inatención en conductores."
- [131] J. I. Castillo Manzano, M. Castro Nuño, V. Lourdes López, D. Pedregal Tercero, J. Monclús, and J. Ortega, "La contribución a la seguridad vial de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación," *Consejo De Seguridad Vial*. Fundación MAPFRE, Madrid, pp. 583–594, 2017.
- [132] J. Tena-Sánchez, "El impacto de las nuevas políticas de seguridad vial sobre la conducta de los conductores," *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*, no. 57, pp. 1–35, 2013.
- [133] R. Elvik *et al.*, "Assessing the efficiency of priorities for traffic law enforcement in Norway," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 47, no. 0349, pp. 146–152, 2012.
- [134] C. Ponce, M. Bulnes, J. Aliaga, E. Delgado, and R. Solis, "ESTUDIO PSICOLÓGICO SOBRE LOS PATRONES DE CONDUCTA EN CONTEXTOS DE TRÁFICO, EN GRUPOS DE AUTOMOVILISTAS PARTICULARES Y PROFESIONALES DE LIMA METROPOLITANA," *Revista IIPSI*, vol. 9, pp. 33–64, 2006.

- [135] A. Mockus, H. Murraín, and M. Villa, *Antípodas de la violencia. Desafíos de cultura ciudadana para la crisis de (in)seguridad en América Latina*. New York: Banco Interamericano de Desarrollo, 2012.
- [136] A. Bandura, "Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change," *Advances in Behaviour Research and Therapy*, vol. 1, no. 1, pp. 139–161, 1978.
- [137] L. Dorn, "Driver behaviour and training," vol. 3, no. March 2008, 2015.
- [138] F. M. Albar and A. J. Jetter, "Heuristics in decision making," in *Technology Management in the Age of Fundamental Change*, 2009, pp. 578–584.
- [139] M. C. Albán Conto, "El comportamiento de peatones en el espacio público. Una aproximación sociológica al caso de Bogotá," *Territorios*, vol. 0, no. 13, 2004.
- [140] Organización Mundial de la Salud; and Fia Foundation, "Seguridad peatonal," vol. 4–2, p. 148, 2010.
- [141] Corpovisionarios, "Retos y oportunidades de la cultura ciudadana en Medellín," *Corpovisionarios & Secretaría de Cultura Ciudadana Medellín*, vol. 1, no. 107, pp. 1–107, 2015.

## **CAPÍTULO II**

**¿Puede el control, la norma y las intervenciones sociales disminuir el incumplimiento a la norma legal pro peatón, por parte de conductores de vehículos automotores en Medellín?**

**Jairo J. Pérez**

jairojose.perez@upb.edu.co

**Jenny A. Castaño**

jenny.castano@upb.edu.co

**José V. Restrepo**

josev.restrepo@upb.edu.co

**Beatriz Garcés**

beatriz.garces@upb.edu.co

**Manuel J. Betancur**

manuel.betancur@upb.edu.co

Universidad Pontificia Bolivariana. Dirección: Circular 1. # 70- 01. Medellín. Colombia.

Autor de correspondencia: correo-e jairojose.perez@upb.edu.co. Dirección: Universidad Pontificia Bolivariana. Bloque 22. Circular 1. # 73-76. Medellín 050031. Colombia.

## RESUMEN

Algunas conductas de riesgo de los conductores violan estructuralmente los derechos humanos de los peatones. Aunque el sistema de movilidad colombiano exige su mejoramiento mediante medidas concurrentes entre la autoridad y la sociedad, aún persiste la incertidumbre de cuál sería su efecto verdadero al aplicarlas. Por ello, se desarrolló un modelo para simulación computacional social, cuyo objeto es explorar el efecto de estrategias pro peatón, de intervención y control social, en las conductas de riesgo de conductores, en un entorno donde la norma social está vinculada al incumplimiento a las normas legales, a partir de dos políticas: 1) inversiones en campañas seguridad y educación vial y 2) incentivos para motivar el empoderamiento peatonal. El modelo, que incluye algunos elementos del enfoque operacional, fue parametrizado con datos recabados, por 29 meses, en un campus universitario en Medellín. Las dinámicas conductuales fueron estudiadas mediante el Subíndice de Respeto al Peatón (SRP). Se evaluaron escenarios condicionados por: 1) sostenimiento, 2) eliminación y 3) duplicación de inversiones en estas políticas, en un lapso adicional de 22 meses. El primero generó cambios positivos, pero carece del potencial suficiente para lograr un SRP > 64.3 %; el segundo mostró que el fenómeno cuenta con un punto atractor, retornando a su valor base en ausencia de inversiones, y el tercero mostró que el empoderamiento de tan sólo el 0.02% de la población conduce a un SRP > 90 % a partir del mes 32, mostrando que es viable lograr cambios, acelerados y sostenibles, que favorecen el nivel de respeto a los peatones.

**Palabras clave:** cumplimiento a la norma, peatón, control social, intervenciones sociales, conducta de riesgo, dinámica de sistemas

# I INTRODUCCIÓN

La inseguridad vial ha desatado una de las mayores crisis humanitarias de todos los tiempos [59]. Pocos países han logrado cumplir con la meta establecida por las Naciones Unidas, en el Decenio de Acción en Seguridad Vial 2011-2020, de reducir en 50 % las fatalidades a nivel global [2, 3]. Varios estudios en Colombia han demostrado que la cultura del incumplimiento a las normas ha predominado como un factor de riesgo desencadenante de dicha inseguridad vial [62]–[64] y, si no se estudian y adoptan iniciativas efectivas, el escalamiento a una sociedad autodestructiva será inevitable.

La cultura del incumplimiento a las normas relativas al respeto al peatón, entendidas como las que le dan derecho a cruzar la vía, compromete a la seguridad vial y se expresa en conductas de riesgo (CR) que originan desorden vial [7, 8]. La dispersión de las CR en sociedad ha limitado el éxito de medidas correctivas basadas en el alcance demostrado, sin duda positivo, de la psicología [66], la educación y la tecnología. Por tanto, se sugiere la incorporación de factores sociales para alcanzar una cultura vial sistémica y sostenible con comportamientos seguros (CS) [10, 11].

El empoderamiento peatonal, un componente clave del control social pro peatón, ha sido el gran ausente de las iniciativas contra las CR viales [16]. Su desvinculación a la educación, el no uso de la tecnología y la falta de vigilancia y sanción explican la derrota en la lucha por privilegiar el bien colectivo [69]. Esta capacidad individual, a su vez social, ha sido debilitada por normas sociales con CR que configuran un contexto resignado y permisivo del uso inadecuado de la vía. Adicional al control social, resulta de interés conocer el efecto de su combinación con la Educación Vial (EV), como parte de una solución integral a la inseguridad vial debida al conflicto conductor-peatón [70].

Las sociedades no son estáticas, por tanto, la aplicación de nuevas políticas, con apropiación social de nuevas tecnologías, puede producir progresos [15, 16]. En [30] se propone el Subíndice de Respeto al Peatón (SRP) para medir el progreso o retroceso de la sociedad en el respeto al peatón. Este subíndice hace parte de una métrica social, la cual considera las CR de conductores de vehículos automotores que se presentan en los pasos peatonales al transgredir una norma pro peatón, así como también las CS, y permite construir una abstracción de la realidad de un fenómeno social dinámico que causa inseguridad vial.

Este trabajo, que se basa en estudios empíricos realizados en el campus central de la Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín [29]–[31], desarrolla un modelo de simulación computacional que permite explorar el efecto de estrategias de intervención y control social pro peatón a través del SRP, en particular, al introducir un instrumento de empoderamiento peatonal. Se utilizan algunos aspectos de la Dinámica de Sistemas (DS), por ser un problema complejo y con potencial de gran escala [72], para ayudar a diseñar estrategias de gestión [73], en un entorno abierto de movilidad donde una condición social de irrespeto al peatón ha sido históricamente tolerada. Morecroft, en [74], indica que esta metodología consiste en articular el problema, conceptualizar el

sistema, formular el modelo, validarlo y analizar políticas que permitan evaluar aspectos relevantes en su comportamiento. Se estudió la evolución del SRP en el campus, suponiendo tres perfiles socio viales, propios de la población local, y se analizaron los datos que surgen a partir de la aplicación de dos políticas para evaluar el incumplimiento a las normas pro peatón.

## **II MODELO DE SIMULACIÓN SOCIAL**

Se caracterizó el problema reuniendo los componentes problemáticos de interés para este estudio, como se describe en las siguientes subsecciones.

### **II.1 Articulación del problema**

La falta de control social ha conducido a una cultura desmotivada en la regulación mutua [75], donde ver a las autoridades incumpliendo las normas ha sido uno de los principales inhibidores del cambio positivo [19]. A pesar de los enfoques integrales en EV para resolver la incidentalidad peatonal, a partir del cumplimiento a la norma legal, el 23 % de los habitantes de la zona urbana justifica desobedecer la ley cuando es la manera de alcanzar sus objetivos y el 9 % cuando es lo acostumbrado [76]. Estas fallas en la regulación legal y social incentivan CR que generan hábitos, actitudes y usos que constituyen una norma social transmisible al utilizar la vía pública [77]. Lo anterior sugiere determinar las relaciones entre el control social y la EV para abordar el incumplimiento a las normas pro peatón en un contexto de norma social con CR.

#### **II.1.1 Control social en la movilidad peatonal de Medellín**

El propósito del control social es fortalecer a las instituciones del Estado en su función de vigilancia y sanción [78]. En la ciudad han surgido varias plataformas tecnológicas de participación ciudadana, pero, con poco éxito por su desvinculación con el Estado. Lo más cercano al control social en movilidad es el reporte de vehículos automotores contaminantes y estacionamiento en lugares indebidos, que hacen los ciudadanos de manera espontánea en las redes sociales. En general, los distintos métodos de control social electrónico destinados a la vigilancia de las CR, a pesar de su poder disuasorio, han sido insuficientes para conseguir la obediencia colectiva [69].

Normalmente se destina el 0.27 % del presupuesto anual de la administración de la ciudad a acciones de control social [79]. Sin embargo, en el 2017, el 70 % de encuestados para el Índice de Cultura Ciudadana [80], reconoce que no hizo nada cuando un conductor cometió una infracción, a pesar de que en el 2015 el 55 % declara estar dispuesto a llamar la atención a otra persona que incumple las normas [81]. Para [82], lo anterior señala que el bajo número de acciones viales ilegales que reciben algún tipo de castigo o reconvención, administrativa, penal o social, refuerza en algunos conductores una actitud poco favorable al cumplimiento de las normas de tránsito.

La percepción de ser sancionado constituye el 40 % de los factores que más influyen en el comportamiento de los demás [81]. El 93 % de los habitantes tienen una percepción

positiva y muy positiva hacia las normas [83], no obstante, la propensión a incumplirlas es dominante. La aplicación de mayor control por la autoridad es percibida por los ciudadanos como un acierto [84], sin embargo, la poca fiscalización y la falta de aplicación de sanciones propician el uso indiscriminado del espacio urbano [85]. En [86] se indica que los ciudadanos aseguran que los altos índices de incumplimiento se sustentan en que las personas no obedecen a las normas porque la autoridad no las regula y, además, no existen sanciones fuertes para el incumplidor.

### **II.I.II Intervenciones sociales pro peatón en Medellín**

Se consideran acciones en EV aquellas que promueven el conocimiento y entendimiento de las normas de tránsito, para mejorar las habilidades de los usuarios de las vías mediante esquemas de capacitación formal. Las Campañas de Seguridad Vial (CSV), por su parte, son aquellas centradas en modificar las CR de los usuarios de las vías, mediante la entrega de información persuasiva que apele al raciocinio y emotividad del público [87]. En este estudio, cuando se combinan ambas estrategias se les llama 'intervenciones sociales'.

La EV por sí sola está lejos de tener éxito [88] si los recursos son modulados por las cifras de la incidentalidad vial. La inversión insuficiente y la inadecuada formación de los profesionales encargados de la EV son factores de fracaso en su propósito [35, 36]. En Medellín se destina el 0.16 % del presupuesto anual al fortalecimiento de la cultura vial y peatonal en los barrios [79]. La coordinación entre instituciones y enfoque especial no garantiza la modificación de una conducta desde los aspectos cognitivos, afectivos y comportamentales del conductor [90]. Por lo general, su implementación se focaliza en las CR, pero el diseño de los contenidos es desacertado y el impacto de la EV no es medido [91].

### **II.I.III Norma social en Medellín**

La desobediencia a las normas de tránsito es una CR socialmente válida en Colombia [18], es una norma social, es decir, culturalmente aceptada, alimentada por las ventajas jurídicas, económicas y sociales que ofrece, comparada con los beneficios poco atractivos del cumplimiento de dichas normas [92]. Ejerce "presión" sobre los miembros de una comunidad para que se adhieran a lo acostumbrado [60], por lo que forma parte del sistema regulatorio cultural [93] fundamentado en conductas de la imitación [94] [95].

En Medellín, se percibe que los ciudadanos se comportan muy mal (41 %) o regular (33 %) frente al respeto de dichas normas [56]. Un estudio a peatones demostró que las normas subjetivas están relacionadas con la intención del peatón y el control en seguridad vial [44, 45], mientras que otro señaló que, para conductores, ver que un conductor respete a un peatón es un motivador al cambio positivo [84].

La difusión social de nuevos estilos y tácticas de actuación en las vías se ajusta al patrón generalizado de la mayoría de las otras actividades contagiosas: un nuevo ejemplo introduce un nuevo comportamiento que se propaga y luego se estabiliza o se descarta

según su valor funcional [95]. Perdomo, en [97], indica que los usuarios de la vía son sensibles a la influencia de otros, es decir, un cambio en la conducta de unos pocos, positivo o negativo, puede ser amplificado.

#### **II.I.IV Perfiles de conducción socio vial**

Los perfiles de conducción socio vial son una simplificación del análisis por conglomerados en conductores que involucra aspectos sociales y jurídicos. Los elegidos en este estudio se construyeron mediante referencias de la literatura, basadas en la racionalidad de la acción, el motivo objetivo de la conducta, la concepción de la ley y de la autoridad, los valores y las justificaciones prosaicas del incumplimiento. En esta construcción predomina el enfoque empírico-crítico de las ciencias sociales, el modelo epistemológico del “tipo ideal” weberiano, y los planteamientos de Mockus en [98] y García Villegas en [92]. No es objeto de este estudio profundizar en las descripciones de ciertas personalidades en la sociedad, sino generar un punto de partida fundamentado básicamente en el análisis de la casuística del incumplimiento de normas, sin pretensión de exhaustividad, ni vocación interdisciplinaria.

**Perfil de conducción socio vial con tendencia anómica.** Se refiere al extremo negativo social que prefiere las CR, es decir, que viola habitualmente la normativa vial [95]. La tendencia anómica, la más extendida en el contexto urbano colombiano según [19], se compone de características conductuales basadas en pensamientos racionales que buscan favorecer el interés personal más allá del respeto a las normas [92]. Predomina el egoísmo y la creación de leyes propias [68]. Aquí, la transgresión a los códigos normativos y de convivencia es intencional [99], las acciones calculadas y la probabilidad de una sanción predicha [92]. Evidencian conductas socio viales irregulares que se convierten en acciones objetivas como: 1) imponer un uso social desviado del vehículo y de la vía, 2) someter al resto de la comunidad de usuarios de la vía, 3) transmitir la propensión social al desorden, a las CR y a la violencia vial y 4) justificar cualquier acto vial inadecuado y legitimarlo socialmente.

Hacen parte de los infractores frecuentes (52.2 % para Medellín) [100]. Generalmente presentan puntajes altos en una escala de agresión al conducir [101]. En este conglomerado dominan los estilos de conducción de alta velocidad, disociativo e iracundo [62]. En el contexto de este trabajo, este perfil se asocia a conductores cuya tendencia es a irrespetar el derecho de paso de los peatones [50, 51].

**Perfil de conducción con tendencia cuasi cumplidora.** Se refiere a individuos motivados por una norma cuasi moral donde se actúa de acuerdo con las condiciones del entorno; la norma se cumple si, y sólo si, los demás también lo hacen [39, 52]. Se caracteriza por la imitación de comportamientos, transmitidos de generación en generación [104], para desenvolverse y adaptarse al espacio público. El seguimiento de normas informales, el ensayo y error, y la percepción de obtención de mayor beneficio o baja probabilidad de reprobación o sanción, priman en la toma de decisiones [105].

Hacen parte de los infractores no frecuentes (47.8 % para Medellín) [100]. El estilo de conducción dominante es ansioso [62]. Conforman a un grupo social colectivista en el que se da mayor importancia a las normas informales que a la ley [18]. Ante un enfrentamiento de normas contrarias, se opta por las culturalmente válidas [98]. Las disfunciones socio viales que pueden presentar se caracterizan por: 1) implantar un aprendizaje vial desviado por imitación, 2) construir una cultura vial de la siniestralidad y 3) justificar los comportamientos sociales desviados de la ley cuando son moralmente aceptados [97].

**Perfil de conducción con tendencia cumplidora.** Se refiere al extremo positivo social que asume de forma ejemplar los deberes ciudadanos en la vía [106]. Hay autonomía, dominio personal y esfuerzo por cumplir la ley [57, 58], sin necesidad de controles legales externos. El cumplimiento es mayoritariamente incondicional [108], espontáneo y sin cálculo [19], no estimulan las CR ni la violencia vial. Predomina la autonomía, la expresión de las libertades individuales, el dominio personal [107], la inconformidad con las normas sociales desviadas y el poco aprecio por ellas [109]. Se caracteriza por estilos de conducción cuidadosa, paciente y de reducción de velocidad, se encuentran alineados con un equilibrio en la conducción, así como la planeación, atención y seguimiento de las normas de tránsito. No obstante, la colectividad influye decisivamente en el cuestionamiento de este conglomerado [108] generando adherencia a CR cuando el cumplimiento conlleva costos demasiado elevados: prevalencia de normas informales [92], violencia o presión social [108]. Las funciones socio viales de este perfil están fundamentadas en la sostenibilidad de la vida urbana, caracterizada principalmente por relaciones entre extraños [110], y en lo particular se destaca: 1) ayudar a los demás [107], 2) renunciar al placer personal por el bien colectivo [107], 3) pensar en los más débiles, 4) practicar normas que hacen sostenible la vida [58, 60] y 5) distinguir lo moralmente válido, lo legalmente permitido y lo culturalmente aceptable [45].

## II.II Conceptualización del modelo

Dentro del proceso de modelización se excluyó a la incidentalidad vial como el problema central e incluyó a los factores sociales presentados previamente, que son los de interés para este estudio. En ese aspecto, se considera un problema complejo porque, aparte de ser impredecible, sus diversos componentes están involucrados en muchas interacciones, que no están altamente estructuradas (debido a incertidumbres, por ejemplo). Además, cambia, se adapta y evoluciona con el tiempo, siendo afectado por las relaciones interdependientes de sus partes y algunas influencias ambientales, como las regulaciones legales [111]. Los modelos de simulación disponibles en DS no incluyen el comportamiento dinámico del fenómeno del incumplimiento a la norma peatonal presente en las interacciones conductor-peatón, por lo que se realizó entonces una relación conceptual para comprender las dinámicas del problema relevante [112], sin necesariamente profundizar en las relaciones sistémicas.

Este artículo describe el desarrollo de un modelo de simulación, dirigido a tomadores de decisiones en movilidad, cuyo objeto es explorar el efecto del control social pro peatón

en el comportamiento de los conductores, de vehículos automotores del campus universitario, en particular, al combinarlo con intervenciones sociales en seguridad vial. Si bien los pronósticos o el análisis prospectivo no son el propósito de esta investigación, es pertinente explorar políticas que permitan reducir el conflicto conductor-peatón en zonas de prelación peatonal, con el fin último de contribuir a la reducción de la inseguridad vial.

Aunque Moyano explica en [113] la necesidad imperiosa de estudiar también las CR de peatones, el grado de abstracción de este modelo compromete exclusivamente a las de los conductores. Las percepciones de un incidente vial y la vulnerabilidad de ser parte de él, tanto de peatones como de conductores, son elementos comprensivos que se encuentran exceptuados y que permitirían organizar un sistema de prevención adecuado a las necesidades de la población colombiana [114]. Los límites del modelo son conformes a un contexto donde la actitud hacia un nuevo comportamiento al conducir no compromete aspectos dominantes de la personalidad, tampoco sostenibilidad en el tiempo ante la aparición de nuevas tendencias sociales, ni la predicción hacia el número de fatalidades y lesiones viales. Por consiguiente, la reproducción de CR y CS masivas en el modelo no considera el agrado por una norma u otra [115].

Debido al alcance teórico de esta investigación, el enfoque está en las relaciones de retroalimentación o la causalidad circular entre ciertas variables. Estas variables son los límites generales, describen los atributos de los componentes del sistema, y sus relaciones no son necesariamente lineales o cercanas en el espacio y el tiempo [116]. Por lo tanto, el enfoque de esta investigación, motivado por la falta de datos en literatura, y las estructuras causales estudiadas hasta ahora, justifican el uso de técnicas de la DS y la adopción de herramientas del pensamiento sistémico, para articular la realidad, en contexto, de la situación estudiada.

Las operaciones y límites del modelo fueron construidos a partir de los resultados de un estudio empírico realizado en un campus universitario, que tuvo entre sus objetivos motivar al empoderamiento de los peatones respecto a sus derechos, buscando un cambio de conducta de los conductores [30]. Dicho estudio, de tipo descriptivo, tomó 29 meses y arrojó datos para establecer las condiciones iniciales, parámetros y constantes que caracterizan las entradas y salidas, también las variables endógenas y exógenas y su relación con la construcción de la estructura interna del modelo, artefactos y reglas de decisión que no son propiamente observables, entre otros.

El campus donde se desarrolló el estudio cuenta con una circulación diaria aproximada de 25000 personas, en promedio, 500 celdas de estacionamiento para automóviles y no permite el acceso a motociclistas. Tiene una puerta de acceso vehicular y una vía semicircular con diferentes tipos de pasos peatonales: pompeyanos, plataformas de uso mixto y cruces tipo cebrá. Los peatones cuentan con tres vías de acceso, interconectadas por vías de uso exclusivo y compartido [29].

El estudio inició con una fase socio-pedagógica, informando a la comunidad sobre los derechos del peatón. Se desplegó un conjunto de intervenciones sociales en movilidad,

tanto para peatones como para conductores, con intensidad, duración, frecuencia conforme a los lineamientos establecidos por la institución. Se puso a disposición de la comunidad universitaria un tutorial virtual [29], de una hora de duración, que incluía autoevaluación. Se distribuyeron diferentes contenidos por los canales electrónicos de la institución en repetidas ocasiones, se entregó material físico a la población objetivo y se instalaron avisos y señalización al interior del campus.

En la segunda fase del estudio se introdujo el empoderamiento ciudadano como un mecanismo de control social, por medio del uso de una *app* móvil que permitía reportar a la autoridad competente de la institución, a través de video, las CR que atentaran contra los derechos peatonales en los pasos peatonales del campus. La *app* también permitía valorar positivamente la interacción conductor-peatón, promoviendo así una forma de aprobación social [30]. Dentro del estudio, el empoderamiento de peatones se supuso como un parámetro constante denominado *Grado de importancia otorgada por peatones al cumplimiento a la norma pro peatón*.

Se supuso que la percepción de conductores de ser controlados era estimulada por todos los individuos que potencialmente pudieran registrar una queja conducente a sanción, y también por la circulación de información “informal”, por voz a voz, de la actividad de control. Por tanto, se creó una campaña de expectativa que anunciaba próximas sanciones a conductores que, en el campus, transgrediesen una de tres normas legales pro peatón: 1) No estacionar el vehículo en zonas de prelación peatonal, 2) No exceder los límites de velocidad establecidos en zona peatonal, y 3) Priorizar el cruce de peatones en pasos peatonales [117]. Posteriormente, se incorporó el proceso de sanción, consistente en la restricción temporal del acceso del vehículo al campus, en el cual se evaluaban y validaban las CR que vulneraran los derechos del peatón, usando el video registrado por el peatón a través de la *app*. La campaña de expectativa se realizó del mes 5 hasta 10, y se ofrecieron conferencias para explicar su objeto y alcance. La *app* se puso a disposición de la comunidad en el mes 11, y solamente dos peatones se empoderaron por convicción (0.008 % de la población total). Ellos realizaron reportes a la autoridad en diferentes situaciones de CR que vulneraron sus derechos peatonales. Inicialmente se aplicaron 13 invitaciones pedagógicas a los conductores con CR para cambiar su conducta, sin sanción. Desde el mes 12 y hasta el 20 se realizaron reportes que condujeron a 12 sanciones efectivas.

En el mes 25 se incorporó un programa de incentivos para motivar a más peatones a empoderarse y usar la *app*, con capacitaciones y beneficios en especie. Ese mes hubo cuatro vinculados y en el mes 28 hubo seis. La participación de los usuarios fue significativa: de sus reportes se derivaron 3 sanciones en el mes 25, 8 en el mes 26 y 7 en el mes 28. El control social, una extensión del aparato de control de la institución, no comprometió la normativa legal ni su valoración y aplicación por la autoridad.

La institución contaba con cinco agentes circulantes encargados de la vigilancia del tránsito vehicular. No existe evidencia cuantitativa de que ejercieran un control pro peatón, diferente al del estacionamiento en pasos peatonales, situación que no cambió

durante el estudio. Mensualmente, registraban en promedio 24 infracciones por asuntos no peatonales y ninguna por asuntos peatonales, lo que sugiere la inexistencia de un *Grado de importancia otorgada por los agentes al cumplimiento a la norma pro peatón*.

Se construyó un modo de referencia que permitió conocer el comportamiento dinámico de interés y analizar el comportamiento del problema. Se fundamentó en una métrica social denominada Subíndice de Respeto al Peatón (SRP), originalmente denominado Índice de Respeto a la Prelación Peatonal (IRPP) [30], que permitió conocer la evolución del cumplimiento a la norma pro peatón en el campus. Se basó en observaciones para la evaluación de las interacciones conductor-peatón a partir de las normas mencionadas. Se obtuvieron 10 muestras del estado de SRP agregado, es decir, de toda la población en el área geográfica de estudio, en diferentes meses, como se muestra en la Figura 1.

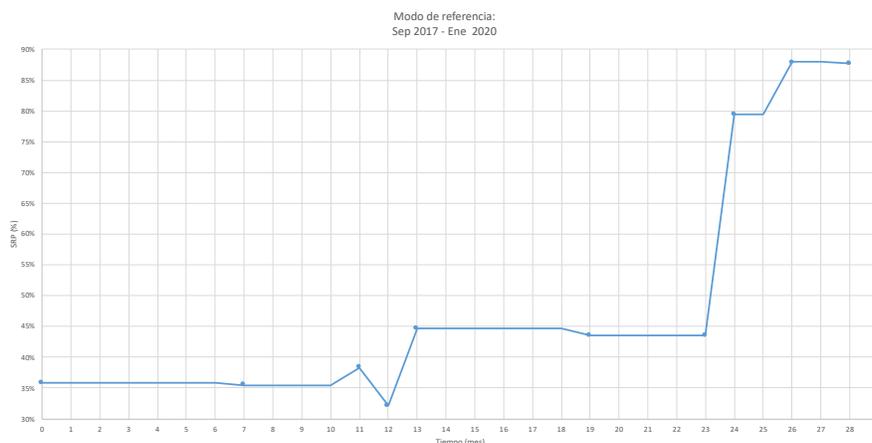


Figura 1. Medidas de SRP en el campus de la comunidad universitaria entre sep. de 2017 y ene de 2020

Se analizó la influencia de acciones concomitantes, de control social y EV, en el comportamiento de los conductores. Para ello, se utilizaron varias pruebas estadísticas que permitieron dar una idea de su impacto en el comportamiento del fenómeno de incumplimiento a la norma.

Pruebas estadísticas de Spearman ( $N = 29$ ) mostraron que el comportamiento del SRP y el número de peatones empoderados presentó una correlación positiva y significativa ( $r = 0.70$ ;  $p = 0$ ), lo cual indicó que el control social podría incidir en el comportamiento de conductores, probablemente por aumentar en estos la percepción de ser controlados. Por otro lado, el número de intervenciones aplicadas no presentó una relación estadísticamente significativa con la evolución del SRP ( $r = -0.10$ ;  $p = 0.60$ ), por tanto, en este estudio, el aumento del SRP obedece a la acumulación de efectos, no a la cantidad de intervenciones. Una relación similar se presentó para la cantidad de inversión en intervenciones sociales y el SRP, en la cual la correlación entre las variables es nula ( $r = 0$ ;  $p = 0.96$ ). No se detectó ningún cambio significativo en el estado de cumplimiento a la norma pro peatón, en el periodo entre el mes 0 y el 12, al aplicar únicamente intervenciones sociales. A pesar de lo anterior, algunos expertos afirmaron que es posible lograr un cambio moderado en el comportamiento, siempre y cuando se invirtiera lo suficiente. Adicionalmente, las anteriores relaciones permitieron suponer que un

fraccionamiento de los recursos focalizado por perfil podría ocasionar un cambio esperable en cada grupo de conductores, pero dicha focalización no se efectuó como parte de este estudio.

El sistema de conductores de la comunidad universitaria es singular y corresponde a una interpretación específica de un problema donde las CR de interés corresponden al incumplimiento de las normas. Solo es posible entenderlo si se considera la uniformidad de la muestra o se analiza por conglomerados, por perfiles de conducción socio vial finitos. Se considera que la dinámica surge debido a las interacciones de estos componentes sistémicos, y no precisamente de comportamientos individuales, diversos e independientes o interacciones particulares, como lo sugiere la modelización basada en agentes [116]. De este modo, se basa en supuestos; que permiten modelizarlo, pero no explican de manera exhaustiva el mundo; así como en varios principios de la modelización operacional para explorar escenarios impredecibles, además de reproducir los comportamientos rastreados en el estudio empírico.

### **II.II.I Diagramas de ciclos causales (DCC)**

Se establecieron y representaron gráficamente los mecanismos básicos del fenómeno de incumplimiento a la norma pro peatón en la comunidad universitaria a través de DCC para graficar adecuadamente la estructura del problema, según lo sugiere el análisis de DS [69, 70]. Ellos conforman un sistema dinámico que cuenta con bucles donde cada causa está vinculada a efectos bien sea directamente o a través de procesos circulares [120]. Las relaciones sistémicas, en este caso, son interdependientes y tienen características que varían en el tiempo; es decir, estados cambiantes [73]. Cada bucle se construyó con herramientas heurísticas, con el objeto de representar las relaciones realistas de causa y efecto, y determinar el impacto de su estructura en el comportamiento del SRP [112].

El modelo desarrolla las relaciones causales en la red de interacción conductor-peatón en pasos peatonales. La conceptualización preliminar de la situación en el campus universitario permitió establecer una macroestructura del sistema con dos ciclos de realimentación dominantes, uno de balance y uno de refuerzo, que expone los vínculos entre el fenómeno de incumplimiento a la norma y los factores: norma social con CR, bajo control social y poca *Inversión en Intervenciones Sociales*. Sugiere que la norma social entre conductores es aditiva y que la interacción entre *Número de peatones empoderados dispuestos a reportar CR* y *Conductores con CR* podría ayudar a controlar a estos últimos. El *Número de peatones empoderados dispuestos a reportar CR* y la *Inversión en Intervenciones Sociales* fueron manipuladas por políticas o agregaciones exógenas que estimularon el cambio de comportamiento de conductores, como se explicará más adelante.

En este trabajo las CR son aquellas dadas por la transgresión, violación o incumplimiento a la norma pro peatón. Un cambio de comportamiento de conductores implicó la existencia de una característica conductual binaria: cumplir la norma o no hacerlo, lo que resultó, respectivamente, en CS o CR. Esta característica fue transversal a todos los

tipos de perfil de conducción socio vial, por lo que fue posible agrupar miembros de diferentes perfiles a través de una misma característica. En este modelo conceptual, esto garantizó que cada miembro de un perfil pudiese interactuar con otros de perfiles diferentes, y cambiar de característica sin migrar a otro tipo de perfil. Esto eliminó la posibilidad de interacciones exclusivas entre miembros de un sólo perfil y el intercambio de miembros de un perfil socio vial a otro.

El problema caracterizado y conceptualizado constó entonces de una estructura dada por tres dimensiones: 1) tres patrones o factores de motivación a cumplir con la norma pro peatón; 2) tres tipos de perfil de conducción socio vial y 3) una característica conductual binaria (CR o CS). Se conformaron tres subsistemas, uno para cada perfil de conducción, cada uno con tres patrones de motivación a cumplir la norma y dos características conductuales, como se muestra en la Figura 2.

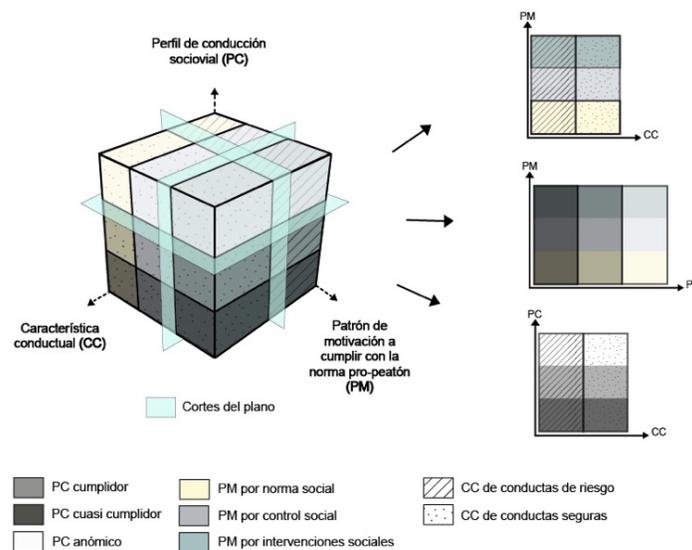


Figura 2. Estructura dimensional del sistema

El proceso de cambio de comportamiento, por su lado, se construyó en base a una extracción de las etapas propias de la Teoría del Comportamiento Planeado que son: contemplación, preparación y acción. Por lo anterior, de manera análoga, los patrones de motivación a cumplir con la norma fueron estructurados así: interacción, decisión y cumplimiento. La secuencia ordenada de estas es un sistema artificial diseñado para cumplir con el objeto del modelo; es decir, un conjunto de artefactos diseñados con condiciones normativas que buscan explicar adecuadamente un fenómeno social [121]. Según la opinión de expertos, cada perfil de conducción socio vial tiene establecido umbrales de referencia que potencian la toma de decisiones, en DS son reglas de decisión. Están vinculados al concepto que establece que la preparación a un comportamiento parte de las comparaciones realizadas durante la etapa de contemplación, las cuales estimulan la motivación y la valoración de la situación para realizar una acción de cambio.

Luego de tener una visión general de la estructura del sistema, se procedió a describir la hipótesis dinámica del fenómeno del incumplimiento a la norma, a través de las principales relaciones causales presentes en cada uno de los subsistemas enunciados previamente, en el marco de los estudios realizados en el campus.

**Diagrama de ciclos causales de patrón de motivación a cumplir con la norma pro peatón por norma social.** La Figura 3 representa la influencia de la norma social en el *Número de conductores con CS* de cada perfil.

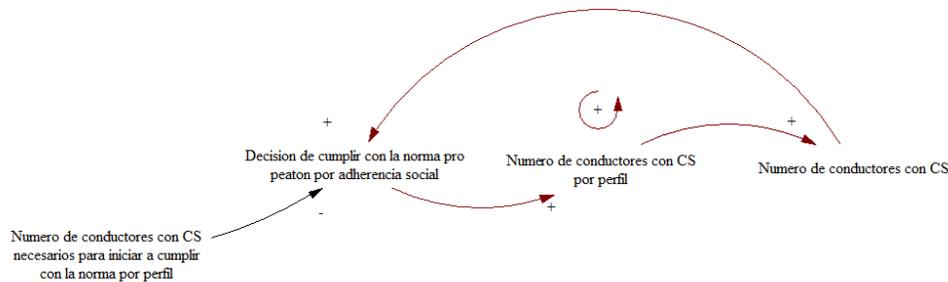
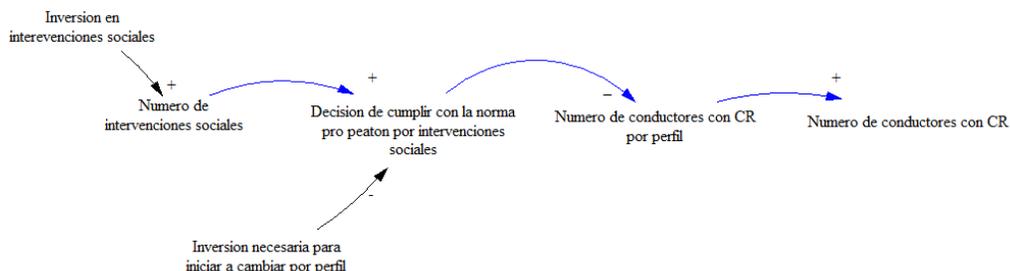


Figura 3. Diagrama de ciclos causales de patrón de motivación a cumplir con la norma pro peatón por norma social

A mayor *Número de conductores con CS*, de todos los perfiles, mayores son las interacciones que potencian el aprendizaje social positivo por observación <<conducta de la imitación>>. Este comportamiento dinámico conduce a un incremento en la *Decisión de cumplir con la norma pro peatón por adherencia social* y, en consecuencia, a un mayor *Número de conductores con CS por perfil*. A partir de lo anterior, se incrementa el *Número de conductores con CS* y se forma un ciclo de refuerzo (positivo), que, a pesar de su alto componente automático, involucra un componente cognitivo basado en la comparación. Adherirse a un comportamiento determinado depende de un umbral de referencia de cambio asociado a cada perfil. Por lo tanto, un incremento en el umbral de referencia, dado por el *Número de conductores con CS necesarios para iniciar a cumplir la norma por perfil*, al compararse con el *Número de conductores con CS*, disminuye la *Decisión de cumplir con la norma pro peatón por adherencia social*.

**Diagrama de ciclos causales de patrón de motivación a cumplir con la norma pro peatón por intervenciones sociales.** El fragmento del DCC mostrado en la Figura 4 da cuenta de los efectos de la *Inversión en intervenciones sociales*, orientadas a fomentar el cumplimiento a la norma pro peatón, en la decisión de cumplirla y, como resultado, disminución en el *Número de conductores con CR* de todos los perfiles.





Así, el efecto de ser controlado estuvo vinculado no sólo a las acciones recíprocas entre agentes y conductores, sino a la valoración de la capacidad de actuación de los agentes. Por tanto, un aumento de alguna de estas tres variables potencia la probabilidad objetiva de detección de conductores con CR.

2) *Percepción de conductores con CR de ser controlados al interactuar con peatones empoderados.* Fue una configuración objetiva de actitud o comportamiento de conductores a partir de las manifestaciones del empoderamiento peatonal, directamente proporcional a la interacción entre el *Número de peatones empoderados dispuestos a reportar CR* y *Número de conductores con CR*. En estos encuentros, la interacción estuvo condicionada por el *Grado de importancia otorgado por peatones al cumplimiento de la norma pro peatón* -de empoderamiento- estimado por los conductores, lo que señaló, también, una relación directa. Esta última fue determinada por la experiencia de conductores al circular en el campus y, observar a peatones usando el celular para reportar CR. Un incremento en alguna de estas variables produjo incremento en la probabilidad objetiva de detección.

Por su parte, el *Número de peatones empoderados dispuestos a reportar CR* se compone de aquellos que lo hacen por convicción y los que lo hacen por incentivos. Ambos dependieron de la existencia del *Número de Proyectos Institucionales Pro Peatón*.

3) *Percepción de conductores con CR de ser controlados por agentes y peatones empoderados a partir de Voz a Voz.* Resultó de la interacción de conductores con otros en un entorno diferente al vial. Es el producto de la difusión natural de la noticia de sanciones aplicadas en el campus. La apatía, aceptación y/o rechazo social, puesta en conocimiento en la población del *Número total de conductores de la comunidad universitaria*, que incrementa la probabilidad objetiva de sanción. Es una simplificación de un fenómeno de voz a voz resultante de la comunicación de un evento indeseado. Es proporcionalmente excitada por la combinación entre el *Número de sanciones reportadas por peatones empoderados y agentes* y la *Tasa de difusión del Voz a Voz*.

Todo lo anterior da cuenta de que a mayor número de interacciones entre el *Número de conductores con CR* con el *Número de agentes asignados a reportar CR* y/o el *Número de peatones dispuestos a reportarlos*, mayor es la *Percepción de conductores con CR de ser controlados por incumplimiento a la norma*, lo cual se incrementa con el voz a voz de sanciones. Pese a esto, para cada perfil socio vial, según expertos, es necesario considerar la tolerancia a la imposición de sanciones; es decir, con un *Número de sanciones que los conductores estén dispuestos a recibir antes de decidir cambiar*, acorde a su perfil. Por lo anterior, mientras mayor sea el *Número de sanciones necesarias antes de decidir cambiar*, menor es la motivación para adoptar la *Decisión de cumplir con la norma pro peatón por percepción de recibir sanciones*. Esta larga cadena de relaciones confluye a que el aumento de *Decisión de cumplir con la norma pro peatón por percepción de recibir sanciones* reduce el *Número de conductores con CR*, lo cual cierra el lazo de realimentación dominante de este patrón.

Los subsistemas comparten dos elementos: *Número de conductores con CR* y *Número de conductores con CS*. Una relación entre ellos se estima utilizando el SRP, que, a pesar de que no hace parte propiamente de la interacción de los elementos del sistema, es un artefacto por donde se cruzan los bucles de retroalimentación, por ser precisamente una métrica “invisible” que muestra el estado de cumplimiento a la norma. La incorporación del SRP implicó no desbalancear la física del modelo. Existe un SRP por subsistema, lo que permitió aclarar las relaciones coincidentes, sin alterar las dinámicas del sistema, como se muestra en la Figura 6.

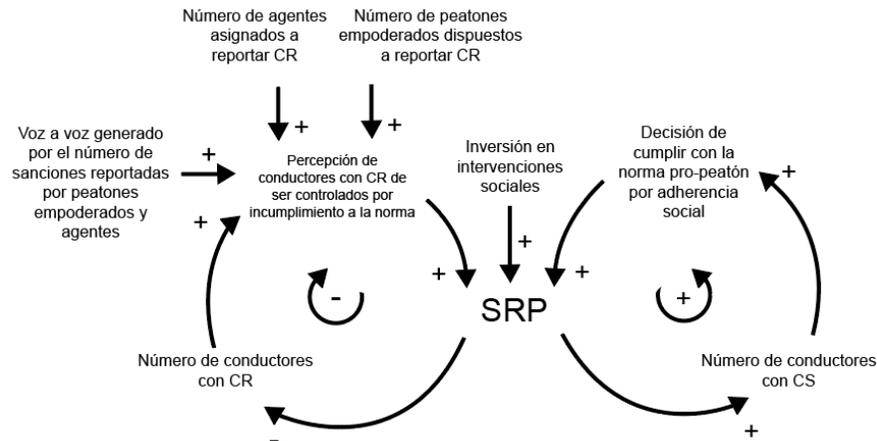


Figura 6. Relaciones coincidentes del sistema

Las descripciones y análisis anteriores fueron la base para identificar las variables críticas, y convertirlos en mecanismos básicos, así como también para representar el problema de investigación en un modelo.

### II.III Formulación del modelo

Los mecanismos básicos se transformaron en una estructura de flujos y niveles para determinar las ecuaciones o reglas de decisión que permiten simular el comportamiento dinámico [20, 73] y evidenciar con exactitud cómo funciona el sistema [63, 74].

#### II.III.I Parámetros y diagrama de flujos y niveles

Encuestas y entrevistas, entre otros instrumentos de captura de datos, dentro del estudio cuantitativo realizado, permitieron la construcción de series de tiempo como: *Inversión en intervenciones sociales*, *Número de intervenciones*, *Número de peatones empoderados dispuestos a reportar CR* y *Número de sanciones reportadas por peatones empoderados*. Complementariamente, reportes de gestión y correos-e permitieron identificar el *Número de agentes asignados a reportar CR* y el *Número de conductores de la comunidad universitaria*. Por otro lado, umbrales de referencia como *Número de sanciones dispuestos a recibir antes de decidir cumplir con la norma por cada perfil* y *Fracción de inversión necesaria antes de decidir cumplir con la norma por cada perfil* surgieron de doce entrevistas individuales a expertos en psicología conductual,

movilidad, sociología, y algunas combinaciones de estas disciplinas; mientras que la *Fracción del número de conductores con CS necesarios para iniciar a cumplir con la norma* por perfil y la *Fracción de conductores de la comunidad universitaria* surgieron de dos encuestas realizadas a 100 personas de la comunidad universitaria, según se presenta en la Tabla 1.

Tabla 10. Fracción de conductores y umbrales de referencia necesarios para cambio de comportamiento por perfil

Parámetro	Número de sanciones dispuestos a recibir antes de decidir cambiar por perfil	Fracción de inversión necesaria antes de decidir cumplir con la norma por perfil	Fracción del número de conductores con CS necesarios para iniciar a cumplir con la norma por perfil	Fracción de conductores de la comunidad universitaria
Perfil				
Cumplidor	0.17	0.23	0.14	0.29
Cuasi Cumplidor	0.33	0.32	0.43	0.40
Anómico	0.50	0.45	0.47	0.29

La operacionalización del fenómeno de incumplimiento a la norma en la comunidad universitaria, y en consecuencia la formalización matemática de la racionalidad de los conductores, se realizó a partir de acciones que están dadas por la decisión de cumplirla, y estas a su vez por la interacción vial. Tres funciones matemáticas se definieron como artefactos que realizaron un fraccionamiento porcentual de conductores, una situación no observable pero presente en la dinámica del sistema. Las entradas a estas funciones son relativas a la decisión de cambio por *Adherencia social*, *Intervenciones sociales* y *Percepción por control*, y arrojan el resultado de las comparaciones durante la etapa de contemplación entre las interacciones experimentadas y los umbrales previamente mencionados. Las salidas corresponden al porcentaje de conductores que cambiaron su comportamiento, son representadas por funciones por tramos, cuyas pendientes y constantes fueron supuestos. Estas funciones fueron replicadas en todos los elementos de la dimensión de perfil de conducción socio vial, dado que no se realizó un estudio confirmatorio de análisis por conglomerados.

Se utilizó la misma estructura de ecuaciones para cada perfil. Las variables auxiliares del modelo constituyeron la interacción vial e involucraron al *Número de conductores con CR* y *Número de conductores con CS*. Cada subsistema contó con una variable de tipo flujo y una de tipo nivel, ver Figura 7. Cada flujo, que alimentó a un nivel, fue denominado *Tasa de conductores que cumplen la norma*, correspondió a acciones de cambio fundamentadas en reglas de decisión, estuvo basado en el comportamiento de los patrones de motivación anteriormente expuestos, y explica el traslado de conductores de una característica conductual a otra. Fue bidireccional (incremental y decremental), su sentido dependió del valor resultante de la suma de las tres funciones de fraccionamiento porcentual de conductores, que, combinado con una condición matemática de comparación a cero, extrajo o indujo “fracciones de conductores” por unidad de tiempo al sistema representado por el *SRP por perfil*. Esta regla de decisión estuvo dada en un sentido por

*Tasa de conductores que cumplen la norma INCREMENTAL =*

$$d \left\{ \left[ \begin{array}{l} \text{Fraccionamiento por adherencia social } (t) \\ + \text{Fraccionamiento por intervenciones sociales } (t) \\ + \text{Fraccionamiento por percepción por control } (t) \end{array} \right] * (1 - \text{SRP por perfil}) \right\} / dt$$

y en el caso opuesto por

*Tasa de conductores que cumplen con la norma DECREMENTAL =*

$$d \left\{ \left[ \begin{array}{l} \text{Fraccionamiento por adherencia social } (t) \\ + \text{Fraccionamiento por intervenciones } (t) \\ + \text{Fraccionamiento por percepción por control } (t) \end{array} \right] * \text{SRP por perfil} \right\} / dt$$

Cada *SRP por perfil* involucró la lectura del estado de cada subsistema, que señaló conceptualmente el estado de los conductores de cada perfil. Así, el *SRP por perfil* fue una variable tipo nivel que corresponde a la fracción normalizada del *Número de conductores con CS* dentro del total de las interacciones conductor-peatón. Fue una fuente de desequilibrios del modelo y monitorea al *Número de conductores con CR* y al *Número de conductores con CS*. A partir de este se referencian los comportamientos dinámicos. Otra alternativa, más acorde a la visión clásica de DS, hubiera sido usar dos niveles, el *Número de conductores con CR* y el *Número de conductores con CS*, pero que no son independientes. La ventaja de esta propuesta es un modelizado simple, de orden 1, comprendido desde una visión matemática como una fracción de conductores que cambia por unidad de tiempo a través de un flujo bidireccional. De este modo, sería sencillo incorporar, como trabajo futuro, p. ej. el crecimiento dinámico de la población.

El comportamiento del *Número de conductores con CS por perfil* estuvo dado por

$$\text{Número de conductores con CS por perfil} = \text{SRP por Perfil} (\text{Número de conductores por perfil})$$

El *Número de conductores con CS* totales, calculado con SRP, estuvo dado por la suma del *Número de conductores con CS* de todos los perfiles dividido por *Número total de conductores* de la comunidad universitaria.

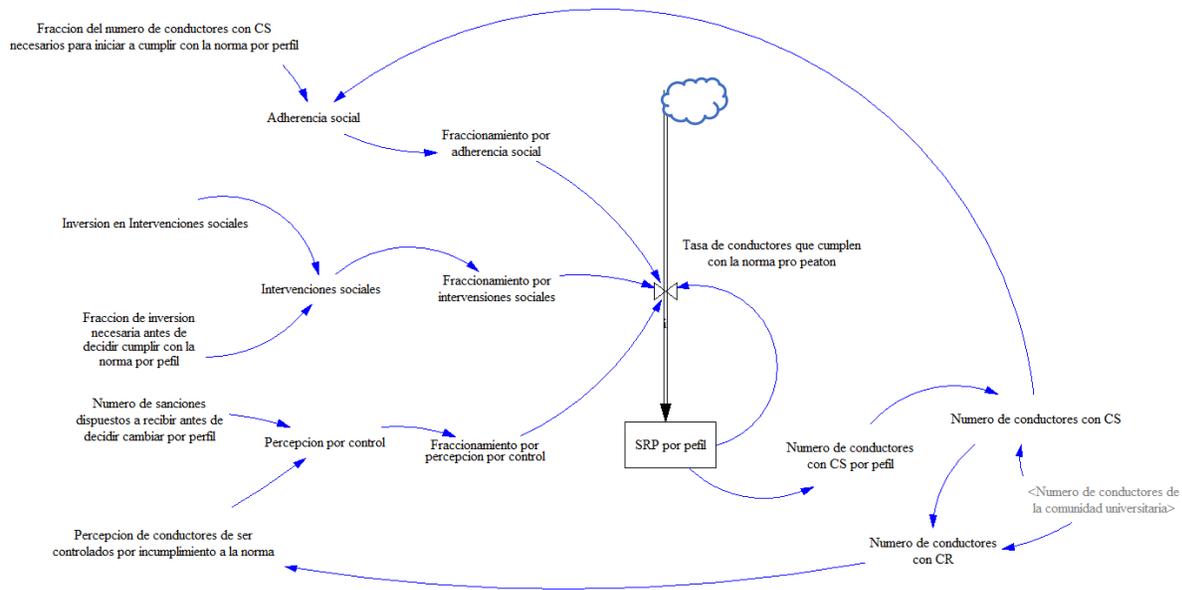


Figura 7. Representación simplificada de diagrama de flujos y niveles de cada subsistema

El horizonte de tiempo del modelo fue de 51 meses, donde se incluyó el modo de referencia de 29 meses del estudio y 22 meses adicionales para evaluar políticas, con un paso de integración de 1 mes. Las ecuaciones de las variables tipo auxiliar, flujo y nivel, en conjunto con el horizonte de tiempo, permitieron construir un modelo computacional que reúne algunos componentes clásicos de DS [74,75], y que se calibró siguiendo los pasos expuestos en [76, 77], con los valores de los límites del modelo y el modo de referencia.

## II.IV Validación estadística del modelo

Se comparó el modo de referencia con la respuesta del modelo para evaluar su capacidad de reproducción de la realidad. De acuerdo con la metodología de pruebas propuesta por Sterman en [127] y Olivia en [128], se realizaron 8 pruebas técnicas relacionadas con la validación de comportamiento. Las pruebas seleccionadas fueron: coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que mide la fracción de la varianza en los datos "explicados" por el modelo; el error medio absoluto (MAE); el porcentaje de error medio absoluto (MAPE); el error medio absoluto como porcentaje de la media (MAE/mean); el error cuadrático medio MSE y su raíz (R) MSE. Complementariamente se calculó el coeficiente de correlación ( $r$ ) y el error relativo. La variable de control fue el SRP, durante un periodo de 29 meses. Se graficó, en la Figura 8, el comportamiento simulado del SRP ( $SRP_{simulado}$ ) y su modo de referencia (SRP), así como el valor absoluto del error relativo en un eje ordenado secundario, y se muestran los resultados de las pruebas técnicas.

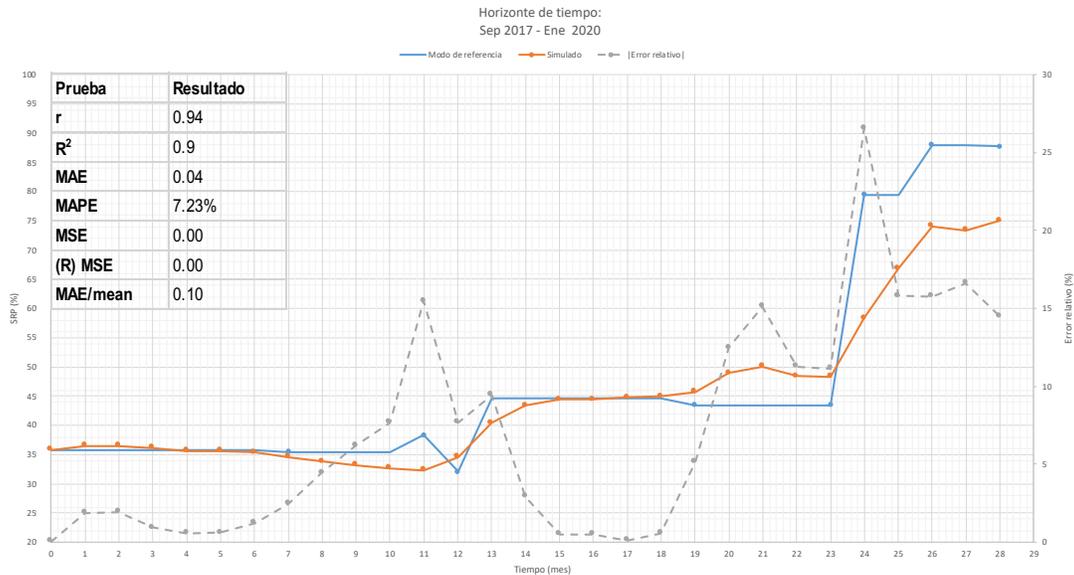


Figura 8. Comportamiento del SRP,  $SRP_{simulado}$ , error relativo entre ellos y resultados de pruebas estadísticas

La media del comportamiento del  $SRP_{simulado}$  y  $SRP$  fue 43.4 % y 43.5 % respectivamente. Los resultados encontrados en cada prueba mostraron que analíticamente el modelo es consistente representando la realidad y es capaz de reproducir en comportamiento y magnitud el comportamiento de la variable de control. Esto evidencia que el comportamiento del modelo presenta características estadísticas similares al sistema real y, por tanto, en este aspecto, es aceptable para representarlo. No obstante, se propone, como trabajo futuro, realizar pruebas de validación estándar de estructura y comportamiento propuestas en [127] y [128], propias del enfoque operacional, para analizar su confiabilidad.

## II.V Simulación y análisis de políticas

Se construyeron tres escenarios, para evaluar, a partir del mes 28, el efecto de los cambios en estas dos políticas: 1) Inversión en intervenciones sociales y 2) Incentivos para motivar al empoderamiento peatonal, entendiendo que la primera estimula el cambio de comportamiento por EV y CSV y la segunda por control social. Los escenarios hacen referencia a una posible evolución de las variables estudiadas en el modelo, mientras que las políticas son variables bajo el control de los tomadores de decisiones.

A los escenarios se les denominó 'base', 'pesimista' y 'optimista', y sus trayectorias simuladas a futuro se estabilizaron, en promedio, en un  $SRP_{simulado}$  de aprox. 64.3, 29.6 y 99.9 %, respectivamente. La evaluación de los escenarios mostrados en la Figura 9 permitió determinar, con estas políticas, el efecto del control social, cuando se combina con intervenciones sociales. Las trayectorias, que corresponden a la caracterización de situaciones plausibles, podrían ser útiles para los tomadores de decisiones y, al mismo tiempo, funcionar como referente para otros contextos [129].

La combinación de políticas permitió analizar el comportamiento de conductores que compromete el cumplimiento a la norma pro peatón y, desde luego, determinar cuáles tienen el potencial de llevar a efectos contraintuitivos o efectos colaterales no deseados, que sólo es posible visualizarlos vía simulación. Esta construcción de escenarios permitió conocer, de manera endógena, las tendencias de diferentes grupos sociales, sin profundizar en factores conductuales de cada perfil de conducción, mediante el *SRP por perfil* y  $SRP_{simulado}$ , que, si bien cuentan con incertidumbre, son un punto de partida para investigaciones basadas en estudios empíricos.

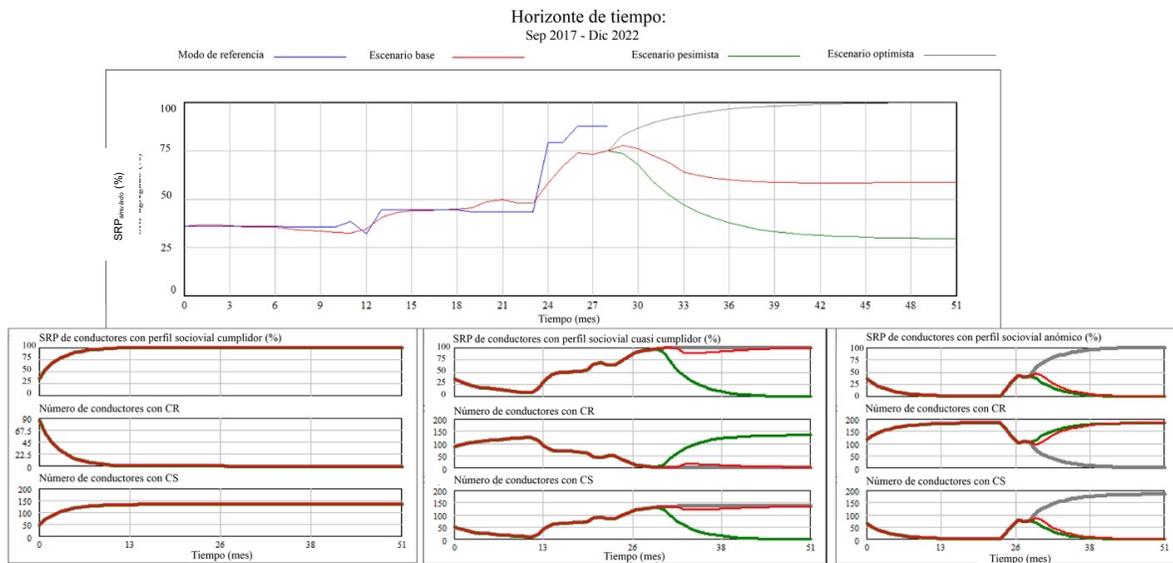


Figura 9. Escenarios para  $SRP_{simulado}$  y las componentes correspondientes a cada perfil de conducción sociotípica

Otros escenarios donde la autoridad esté motivada a controlar el incumplimiento a la norma, o donde la distribución de las fracciones de grupos de conductores incluyendo umbrales de decisión propios de otras poblaciones sean diferentes, son modelizables, pero están por fuera del alcance de este trabajo.

### II.V.I Escenario base

Este escenario mostró cómo se comporta el sistema si las fuerzas externas permanecen sin cambios. Lo anterior significa que las políticas fueron extrapoladas a futuro siguiendo el promedio histórico. En él, la *Inversión en intervenciones sociales* correspondió a los costos promedio de la operación de la *app* y la aplicación de CSV y EV por mes, determinados a lo largo del estudio. Asimismo, a la participación sostenida de dos peatones empoderados motivados por incentivos, sumados a aquellos por convicción (0.01 % de la población total). Respondió a la pregunta: ¿qué pasa si se sostienen los costos promedio del proyecto institucional pro peatón sin reforzarlo?

Las políticas aplicadas condujeron a un periodo transitorio descendente, entre el mes 29 y 37 en el  $SRP_{simulado}$ , que seguidamente resultó en un comportamiento centrado en 64.3 % entre el mes 37 y el 51. Se presentó una reducción del 10.7 %, respecto a la

tendencia de los últimos valores registrados en los meses 24-28, que indicó que el sostenimiento de los recursos utilizados previamente no garantiza el mismo efecto en el comportamiento de los conductores, pero logra un punto estable.

Los efectos de la aplicación de la norma sobre las CR no fueron homogéneos en todos los conductores. Por esto, factores como la norma social, intervenciones sociales y el control son analizados a continuación en cada perfil:

La *Inversión en intervenciones sociales* estimuló a conductores con perfil socio vial cuasi cumplidor motivados a cumplir con la norma pro peatón de manera sostenida. Este hallazgo refuerza el postulado de Perdomo en [97] quien sostiene que, aunque la educación y otras medidas involucran esfuerzo deliberado por brindar conductas a imitar, y este acto podría estar precedido por deliberación consciente y cambio de mentalidad [20], esto no siempre es parte del proceso. Por su parte, el *Patrón de motivación a cumplir con la norma pro peatón por control* por interacción motivó a los conductores a adoptar CS, en tanto que la fracción existente de conductores con CS fue insuficiente para motivarlos a un cambio de comportamiento por norma social positiva. La aplicación de un enfoque sistémico de la seguridad vial a través de la aplicación de medidas concurrentes se indica también en varios estudios como [82, 83]. Los comportamientos de estas fracciones, repetidos en el tiempo, configuraron un SRP de este perfil del 100 %, a partir del mes 43. Lo anterior señaló que la cantidad extrapolada de inversión en EV y control social causaron un efecto positivo en el cumplimiento a la norma pro peatón.

La fracción de conductores con perfil socio vial cumplidor motivados a cumplir con la norma pro peatón por intervenciones sociales estuvo sostenida. Este nivel puede explicarse en que la actitud cívica en la vía es una característica de este perfil; sin embargo, su conducta está condicionada por factores sociales desmotivantes, como la violencia potencial o la presión social [108]. Por su parte, el *Patrón de motivación a cumplir con la norma pro peatón por control*, potenciado por la política 2), influyó positivamente a este grupo de conductores que, al interactuar con conductores con CS, indujo a mejoras. La naturaleza de este subtipo de conductores está orientada a cumplir mayoritariamente [132], por lo que con baja inversión y control estos realizaron mayoritariamente CS, llegando eventualmente a un *SRP por perfil = 100 %*.

La fracción de conductores con perfil socio vial anómico no presentó motivación a cumplir con la norma pro peatón por control social. De hecho, presentó un comportamiento estable de conductores con CR no dispuestos a cambiar hacia CS por dicho factor. Aunque en la literatura se indique que las sanciones son eficaces donde las normas son ineficaces [39,85], un adecuado sistema vial depende no sólo del desarrollo normativo legal y de la existencia de un adecuado sistema punitivo para las CR, sino también de las actitudes de los propios usuarios de las vías [77]. Por otro lado, la cantidad de conductores con CS no superó el umbral de decisión para lograr un cambio favorable al cumplimiento a la norma, por tanto, existieron conductores que desobedecen la norma. Este cambio de comportamiento puede explicarse en la subordinación de la conciencia a la costumbre en grupos con tendencia anómica [86, 87]. Por el lado de la *Inversión en*

*intervenciones sociales*, se obtuvo que un bajo número de estos conductores se motivó a cambiar, lo cual coincide con la necesidad de medidas concurrentes de regulación social en grupos sociales con CR, señalado en [39, 88]. Los comportamientos descritos, gobernados por la interacción social, condujeron a un  $SRP = 5.3 \%$  en este perfil.

## II.V.II Escenario pesimista

En este escenario se combinaron políticas que conducen al incumplimiento de las normas. Se generó a partir de la eliminación de *Inversión en Intervenciones sociales e incentivos*. En esta situación, es decir, a partir del mes 29, no se asignó ningún tipo de recursos para la operación de la *app* y tampoco para la realización de intervenciones sociales. Se dismanteló el canal de comunicación directo entre la autoridad y los peatones, apalancado por la promoción del respeto al peatón; tampoco existió interés de la autoridad por regular esta norma. La ausencia de recursos restringió la participación de peatones empoderados dispuestos a reportar CR por incentivos o convicción. Respondió a la pregunta: ¿qué pasa si se acaba la *Inversión en intervenciones sociales* y el apoyo a la motivación del empoderamiento peatonal?

Se presentó un comportamiento deteriorado del  $SRP_{simulado}$ , el cual bajó a 29.6 %. Se entiende que el sistema cuenta con un punto atractor, al retornar a un valor desfasado 6.2 % del original del  $SRP_{simulado}$  en  $t = 0$ . La cantidad de conductores con perfil socio vial cumplidor con CS no sufrió reducciones. La ausencia de peatones empoderados, dispuestos a reportar CR, impactó negativamente, y de manera endógena, a los conductores con perfil socio vial cumplidor, reflejado en aumento de conductores con intención a no cumplir la norma. Esto se debió a que, aunque este conglomerado es inconformista con las normas sociales con CR [108] y valora las normas de la sociedad [132], es sensible a los comportamientos colectivos predominantes que desembocan en presión social. Por el contrario, la supresión de inversión no generó ningún cambio sobre las cantidades de conductores tendientes a CR, por lo que la mera interacción social, la convicción propia, y el efecto inercial de las intervenciones aplicadas previamente, fue suficiente para generar obediencia a la norma, del 100 %. El sostenimiento de las CS en este grupo fue coherente con los postulados teóricos hallados en literatura, en los cuales se sitúa a este conglomerado en el extremo positivo social que asume sus deberes y se esfuerza por obedecer las normas de la sociedad en la que están inscritos [58, 84]. El resultado definitivo del  $SRP_{simulado}$  muestra la participación positiva de este tipo de conductores.

La fracción de conductores con perfil socio vial cuasi cumplidor estuvo motivada a adherirse a la norma social con CR. En este conglomerado la cantidad de conductores totales con CS fue insuficiente para generar adherencia positiva, lo que implicó que mensualmente un segmento de estos conductores migrara a CR por imitación. Esta adhesión progresiva a las normas informales de la hegemonía de turno [18] se alinea con los postulados expuestos en [29, 89, 90] donde el aprendizaje observacional influye fuertemente en la toma de decisiones de este grupo. La *Inversión en intervenciones sociales*, por su parte, no ocasionó efecto alguno sobre estos conductores. La cantidad

aplicada con enfoque informativo y persuasivo de las intervenciones que apelan al conocimiento e incremento de la consciencia del cumplimiento de las normas no influenció significativamente los aspectos perceptivos de este perfil. Estos incluyen respuestas irracionales y automáticas para la solución de problemas cotidianos, aprendizaje y descubrimiento de las normas de juego de un contexto [29, 91]. Las experiencias personales son el principal medio de aprendizaje de las normas (68.5 % en Bogotá) [139] generando adhesión a la cantidad de conductores con CR. Así, la desaparición de la política 2), que potencia al control social, generó baja percepción de ser sancionado, que condujo a la incorporación de conductores con CR mes a mes, una cifra acumulativa que debilitó el SRP de este perfil hasta llevarlo cerca de 0 %.

La falta de *Inversión en intervenciones sociales* no generó alteraciones en el número de conductores con CS con perfil socio vial anómico. Una fracción de este conglomerado fue recurrente hasta reducir el SRP correspondiente a menos del 1 % en el mes 46, dada la ausencia de peatones empoderados y de interacción con conductores con CR. La combinación de estos factores significó que el aprendizaje social por imitación fuera gobernado por CR.

### **II.V.III Escenario optimista**

En este escenario se definieron políticas que refuerzan el cumplimiento a la norma: 1) destinar el doble del promedio de los recursos utilizados en la *Inversión promedio en intervenciones sociales* en el estudio en la comunidad universitaria y 2) asignar recursos para la duplicación de peatones empoderados por incentivos. Respondió a la pregunta: ¿qué pasa si se duplica la *Inversión en intervenciones sociales* y se duplica el *Número de peatones incentivados*?

El comportamiento del SRP<sub>simulado</sub> logró un estado superior al 90 %, a partir del mes 32, a pesar de que solamente el 0.02 % de la población total de peatones se empoderó y participó en actividades de control social. Este escenario arrojó una respuesta de cumplimiento creciente hasta llegar a un valor de SRP cercano al 100 % en el mes 45.

Los conductores con perfil cumplidor, que obedecen a la norma, no necesitaron de las políticas aplicadas para lograr un cambio de comportamiento. De hecho, se obtuvo un efecto máximo en el SRP correspondiente desde el mes 16, que se sostuvo hasta el 51; es decir, que la aplicación de las políticas permitió mantener el estado del SRP de este perfil. A pesar de lo anterior, se apreció de manera endógena que una minoría de estos conductores que se resistió a cumplir con la norma, por la baja percepción de ser sancionado, dada la ausencia de eventos con CR, fue contrarrestado por norma social positiva. Las interacciones con peatones empoderados y conductores con CS reforzaron este grupo de conductores y los convirtió en referente para otros perfiles.

La interacción de cuasi cumplidores con conductores con CS propició un ambiente dominado por el cumplimiento a la norma. Estos conductores, mes a mes, fueron influenciados por la norma social positiva, efecto que resultó de la combinación de intervenciones sociales con control social, como se recomienda en [12, 83, 93]. La

primera motivó a conductores, de manera recurrente, mientras que la segunda no fue suficiente para motivar grupos residuales de los conductores de este conglomerado. Lo anterior ocurrió principalmente a razón de que las medidas de control social aplicadas generaron un bajo estado de percepción de obtener sanciones, dado que al ser pocos los conductores con CR se presenta una menor interacción con peatones empoderados. Este escenario está alineado, además, con el postulado que establece que la adherencia a un nuevo comportamiento reside en la percepción de obtención de mayor beneficio o baja probabilidad de sanción o reprobación por parte del grupo social, al asumir determinado comportamiento por imitación, sin recurrir a la función disuasoria de la sanción [141].

El nivel de cumplimiento a la norma de conductores con perfil de conducción socio vial anómico fue apalancado por las *Inversión en intervenciones sociales* y la norma social. Las intervenciones sociales originaron conductores con CS de manera periódica, lo cual influyó en la incorporación de conductores adicionales por norma social. Esta situación mostró divergencias con el resultado del control, que, a partir del mes 29, adicionó conductores con CR en cada paso de simulación tal y como se presentó en los otros perfiles. Esta cifra, representó a un porcentaje de conductores de 0.007 % que decidió no cambiar dado el bajo número de interacciones con conductores con CR.

### III CONCLUSIONES

El modelo de simulación computacional desarrollado, permite explorar los efectos del control, intervenciones y norma social en el fenómeno del incumplimiento de los conductores a la norma pro peatón, a partir de dos políticas: 1) inversión en intervenciones sociales y 2) incentivos para motivar al empoderamiento peatonal. Su estructura facilita el entendimiento en la interacción conductor-peatón y el proceso de cambio del comportamiento de conductores de vehículos automotores en cuanto a si asumen conductas de riesgo (CR) o conductas seguras (CS) hacia los peatones, es decir, si cumplen o no la norma legal respectiva. Los resultados podrían ser útiles para promover la adopción de estrategias a favor del cumplimiento a la norma pro peatón en cruces peatonales.

El modelo de simulación propuesto es una alternativa a la evaluación de las condiciones de seguridad vial usando una medida del cumplimiento de las normas, y no a la toma de decisiones soportada en cifras de las lesiones y fatalidades. La similitud de los comportamientos, entre el sistema real y el modelo, señala un desempeño adecuado del paradigma de simulación empleado, sugiriendo que es eficaz explorando el fenómeno del incumplimiento a la norma pro peatón, y ofreciendo una visión sistémica de la seguridad vial a partir del cumplimiento a las normas, y su impacto en las CR, que podría desembocar en incidentes de tránsito involucrando peatones.

El fenómeno del incumplimiento a la norma pro peatón es modelizable, para un conglomerado de conductores afín con alguno de los tres perfiles dados, mediante un sistema de orden uno para cada perfil, lo que facilita la reproducción de comportamientos dinámicos simulados con características estadísticas similares al sistema real. Su operacionalización conduce al uso de tres patrones de motivación al cambio de las CR, que incorporan artefactos fundamentados en los planteamientos básicos de la teoría del comportamiento planeado, conexos con dos bucles dominantes por perfil, para obtener una cadena causal consistente con la realidad. Repartir la población de conductores en tres conglomerados muestra ser suficiente para explicar la generalidad del fenómeno social, a pesar de su sencillez, y genera un modelo simplificado de orden 3.

El empoderamiento de peatones en asuntos relativos al cumplimiento a la norma pro peatón, por convicción o por incentivos, resulta determinante para lograr un efecto positivo en sociedad, como un componente clave de control social. La mera interacción social genera dinámicas inscritas en el marco de las inversiones en educación vial, campañas de seguridad vial y control social, que resultan inoperantes sin la existencia de un empoderamiento social que coaccione la valoración que los conductores de vehículos le otorgan al cumplimiento a la norma. De este modo, sin la existencia de un grado de importancia, otorgada por la sociedad y la autoridad, al respeto al peatón, no es posible lograr un estado de cumplimiento deseable.

Ni la aplicación de intervenciones sociales ni la percepción de ser controlado, por sí solas, garantizan la modificación significativa de CR. Sin embargo, su efecto es magnificado al combinarse con interacciones sociales viales donde sean evidentes los esfuerzos en

control y la norma social positiva. Este estudio permitió determinar que la participación de unos pocos peatones en actividades de control permite incrementar la percepción de ser sancionado, en particular a aquellos conductores con CR. Cuando, además, existe interacción con otros conductores con comportamiento prosocial, se promueve la migración a CS.

La combinación de suficiente control e intervenciones sociales disminuye de manera acelerada el incumplimiento a las normas de tránsito pro peatón; sin embargo, el sostenimiento del promedio de inversiones, en las medidas implementadas durante el periodo del modo de referencia, muestra que para los meses siguientes no es posible mantener el nivel de respeto alcanzado previamente. El efecto de estas es concurrente y disminuye en el tiempo hasta un valor de equilibrio. Esto sugiere la necesidad de aplicación y evaluación de nuevas medidas en el tiempo para lograr un estado deseable.

La eliminación de medidas de control e intervenciones sociales aplicadas, y que habían sido efectivas, conduce a retornar al estado inicial de incumplimiento a la norma pro peatón. Esto significa que el sistema de movilidad peatonal evaluado cuenta con un punto atractor en el sistema, es decir, un punto de equilibrio estable con bajo del nivel de cumplimiento. Por tanto, se determinó que una fracción de conductores no es sensible a CR dominantes, pese a la adherencia del resto de conductores a la norma social con CR.

#### **IV AGRADECIMIENTOS**

La financiación de esta publicación fue posible gracias a la Universidad Pontificia Bolivariana (código asignado 097C-05/18-22, 2018). Los autores agradecen a los participantes en el estudio, asistentes de investigación y grupos de interés institucionales por posibilitar la realización de las intervenciones y apoyar la recolección de información para esta investigación, en su sede central. Así mismo, al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación – MinCiencias por posibilitar el desarrollo de este estudio mediante la vinculación de dos de los autores en los Programas Becas de Doctorado y Jóvenes Investigadores.

#### **V REFERENCIAS**

- [1] A. Espinosa López, G. Cabrera Arana, and N. Velásquez Osorio, “Epidemiología de incidentes viales Medellín-Colombia, 2010-2015,” *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 35, no. 1, pp. 7–15, 2017.
- [2] S. A. Useche, F. Alonso, L. Montoro, and C. Esteban, “Explaining self-reported traffic crashes of cyclists: An empirical study based on age and road risky behaviors,” *Safety Science*, no. November, 2018.
- [3] N. Sümer, “Personality and behavioral predictors of traffic accidents: Testing a contextual mediated model,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, no. 6, pp. 949–964, 2003.
- [4] N. Durán and N. Moreno, “Personalidad e infracciones frecuentes Personality and

- frequent violations of traffic rules Resumen Introducción,” *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, vol. 12, no. 1, pp. 123–136, 2016.
- [5] S. Jung, X. Qin, and C. Oh, “Improving strategic policies for pedestrian safety enhancement using classification tree modeling,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 85, pp. 53–64, 2016.
- [6] T. Zhang, F. Hajiseyedjavadi, Y. Wang, S. Samuel, X. Qu, and D. Fisher, “Training interventions are only effective on careful drivers, not careless drivers,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 58, pp. 693–707, 2018.
- [7] J. C. F. De Winter and D. Dodou, “The driver behaviour questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis,” *Journal of Safety Research*, vol. 41, no. 6, pp. 463–470, 2010.
- [8] H. W. Warner and L. Åberg, “Drivers’ tendency to commit different aberrant driving behaviours in comparison with their perception of how often other drivers commit the same behaviours,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 27, no. PA, pp. 37–43, 2014.
- [9] Área Metropolitana del Valle de Aburrá., “Plan de Gestión 2016-2019 SOMOS 10 Territorios Integrados.,” p. 358, 2016.
- [10] Banco de desarrollo de América Latina, *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. 2011.
- [11] E. A. Salazar Henao, “Discapacidad de Origen Vial en Medellín, Colombia 2004 – 2017,” Universidad de Antioquia, 2019.
- [12] J. Gutierrez, Ó. W. Martinez, and M. Lobos, *El comportamiento agresivo al conducir*, 1st ed. El Salvador: Tecnoimpresos, S.A, 2017.
- [13] S. Merlino and L. Mondada, “Crossing the street: How pedestrians interact with cars,” *Language and Communication*, pp. 1–17, 2018.
- [14] J. L. Nasar, “Prompting drivers to stop for crossing pedestrians,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 6, no. 3, pp. 175–182, 2003.
- [15] I. Kaparias, M. G. H. Bell, T. Biagioli, L. Bellezza, and B. Mount, “Behavioural analysis of interactions between pedestrians and vehicles in street designs with elements of shared space,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 30, pp. 115–127, 2015.
- [16] J. De Dios Izquierdo, R. D. Torres Kumbrián, and L. Martínez, “Control Social Del Tráfico Y Empoderamiento Social. Grupos De Riesgo: Jóvenes Y Mayores,” *Revista Barataria*, no. 16, pp. 161–176, 2013.
- [17] M. García Villegas, “DISOBEYING THE LAW: THE CULTURE OF NON-COMPLIANCE WITH RULES IN LATIN AMERICA,” *Wisconsin International Law Journal*, vol. 29, no. 2, pp. 264–287, 2010.
- [18] J. I. Ruiz-Pérez, I. T. Beltrán, D. A. Lamus, and L. J. Leal-Salazar,

- “Representaciones sociales de normas de tránsito, agresividad, facilidad percibida en la conducción, accidentes y multas en conductores de Bogotá, D. C.,” *Revista Criminalidad*, vol. 56, no. 2, pp. 291–307, 2014.
- [19] M. García Villegas, *Normas de papel. La cultura del incumplimiento de reglas*, no. 1. Bogotá: Siglo del hombre, 2009.
- [20] European Transport Safety Council, “Raising Compliance with Road Safety Law,” 2011.
- [21] J. Reason, A. Manstead, S. Stephen, J. Baxter, and K. Campbell, “Errors and violations on the roads: A real distinction?,” *Ergonomics*, vol. 33, no. 10–11, pp. 1315–1332, 1990.
- [22] Dirección de Tránsito y Transporte Centro Observatorio del Delito, “Caracterización de la accidentalidad en Colombia: análisis del fenómeno desde el estudio del factor humano,” *Observatorio del delito Dirección de Tránsito y Transporte*, no. 1, 2015.
- [23] V. Chancí, “Análisis del comportamiento peatonal de los usuarios en medellín con relación al uso de las cebras, los semáforos y los puentes peatonales 2011- 2012,” Universidad de Medellín, Medellín, 2012.
- [24] J. Albusac, D. Vallejo, J. J. Castro-Schez, and C. Gzlez-Morcillo, “An expert fuzzy system for improving safety on pedestrian crossings by means of visual feedback,” *Control Engineering Practice*, vol. 75, no. March, pp. 38–54, 2018.
- [25] E. Mako and P. Szakonyi, “Evaluation of Human Behaviour at Pedestrian Crossings,” *Transportation Research Procedia*, vol. 14, pp. 2121–2128, 2016.
- [26] O. Basile, L. Persia, and D. S. Usami, “A methodology to assess pedestrian crossing safety,” *European Transport Research Review*, vol. 2, no. 3, pp. 129–137, 2010.
- [27] M. Soilán, B. Riveiro, A. Sánchez-Rodríguez, and P. Arias, “Safety assessment on pedestrian crossing environments using MLS data,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 111, no. November 2017, pp. 328–337, 2018.
- [28] F. Bella and M. Silvestri, “Effects of safety measures on driver’s speed behavior at pedestrian crossings,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 83, pp. 111–124, 2015.
- [29] C. Mejía, M. J. Betancur, and J. J. Pérez, “Movilidad segura en un campus universitario,” in *Salud Pública. Enfoque preventivo, integrado y práctico*, 1st ed., E. de C. de la Salud, Ed. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2019, pp. 529–540.
- [30] M. J. Betancur, V. Restrepo, J. J. Perez, J. A. Restrepo, A. Agudelo, and D. Cuartas-Ramirez, “An approximation to the construction of pedestrian smart cities,” *4th IEEE Colombian Conference on Automatic Control: Automatic Control as Key Support of Industrial Productivity, CCAC 2019 - Proceedings*, 2019.
- [31] J. J. Pérez and M. J. Betancur, “A social simulation to understand driver’s conduct changes in emerging countries: Can technological interventions from pedestrians accelerate respect at permitted crossings?,” in *36th International Conference of the*

- System Dynamics Society*, 2018, pp. 629–630.
- [32] P. K. Maghelal and C. J. Capp, “Walkability: A review of existing pedestrian indices,” *URISA Journal*, vol. 23, no. 2, pp. 5–19, 2011.
- [33] I. Kaparias, M. G. H. Bell, A. Miri, C. Chan, and B. Mount, “Analysing the perceptions of pedestrians and drivers to shared space,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 15, no. 3, pp. 297–310, 2012.
- [34] C. Hyden, “The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish traffic conflicts technique,” Sweden, 1987.
- [35] Å. Svensson and C. Hydén, “Estimating the severity of safety related behaviour,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 38, no. 2, pp. 379–385, 2006.
- [36] I. Kaparias *et al.*, “Development and implementation of a vehicle-pedestrian conflict analysis method: Adaptation of a vehicle-vehicle technique,” *Transportation Research Record*, no. 2198, pp. 75–82, 2010.
- [37] K. Salamati, B. Schroeder, N. M. Roupail, C. Cunningham, R. Long, and J. Barlow, “Development and implementation of conflict-based assessment of pedestrian safety to evaluate accessibility of complex intersections,” *Transportation Research Record*, no. 2264, pp. 148–155, 2011.
- [38] K. Ismail, T. Sayed, N. Saunier, and C. Lim, “Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts using video data,” *Transportation Research Record*, no. 2140, pp. 44–54, 2009.
- [39] A. Mockus, “Cultura ciudadana y comunicación,” *La Tadeo*, no. 68, pp. 106–111, 2003.
- [40] A. Mockus, “Convivencia como armonización de ley, moral y cultura,” *Perspectivas*, vol. XXXII, pp. 19–37, 2002.
- [41] A. Mockus and J. Corzo, “Dos caras de la convivencia. Cumplir acuerdos y normas y no usar ni sufrir violencia,” *Análisis Político*, vol. 48, pp. 26–51, 2003.
- [42] A. Pagés-Mimó, “Evaluación de resultados del programa de sensibilización y reducción para una movilidad segura como Medida Penal Alternativa.” Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, p. 249, 2015.
- [43] S. Escámez Navas, “Tolerancia y respeto en las sociedades modernas,” *Veritas: revista de filosofía y teología*, vol. III, no. 19, pp. 229–252, 2008.
- [44] J. C. Beltramino and E. Carrera, “El respeto a las normas de tránsito en la ciudad de Santa Fe, Argentina,” *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, vol. 22, no. 2, pp. 141–145, 2007.
- [45] A. Mockus, “Anfibios culturales y divorcio entre ley, moral y cultura,” *Análisis Político*, vol. 0, no. 21, pp. 37–48, 1994.
- [46] P. Bromberg, “De las encuestas bienales de cultura a un Índice de Cultura Ciudadana.” Secretaría de Cultura, Recreación y Deportes de Bogotá, pp. 0–117, 2017.
- [47] J. Raz, “On respect, authority, and neutrality: A response,” *Ethics*, vol. 120, no. 2,

- pp. 279–301, 2010.
- [48] Ministerio de Transporte de Colombia, *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. 2016.
  - [49] Universidad de Medellín and Universidad EAFIT, “Movilidad segura en Medellín. Observatorio de políticas públicas del Concejo de Medellín.” 2017.
  - [50] J. Restrepo and D. Aponte, *Guerra y violencias en Colombia. Herramientas e interpretaciones*. 2009.
  - [51] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, “Metodología general encuesta de convivencia y seguridad ciudadana (ECSC).” Departamento Administrativo Nacional de Estadística, p. 44, 2019.
  - [52] M. Rojas, *La Medición del Progreso y del Bienestar. Propuestas desde América Latina*, vol. 10, no. 29. 2011.
  - [53] S. Granada, J. a. Restrepo, and C. S. Meertens, *Guerra y violencias en Colombia*. 2009.
  - [54] Alcaldía de Medellín, *Cultura Ciudadana. Reflexiones Y Experiencias De Ciudad*. Medellín, 2018.
  - [55] A. Espinosa López, G. Cabrera Arana, and N. Velásquez Osorio, “Epidemiología de incidentes viales Medellín-Colombia, 2010-2015,” *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 35, no. 1, pp. 7–15, 2017.
  - [56] Alcaldía de Medellín, “Encuesta de Percepción Ciudadana de Medellín 2019,” 2019.
  - [57] P. Dolan, M. Hallsworth, D. Halpern, D. King, and I. Vlaev, “Influencing behaviour through public policy,” pp. 1–23, 2014.
  - [58] J. Echeverri Álvarez and L. Gallego Moscoso, *Cultura ciudadana. Reflexiones y experiencias de ciudad*, 1st ed. Medellín: Alcaldía de Medellín, 2018.
  - [59] R. V. Montes, “Inseguridad vial y política penal en Colombia,” *Revista de derecho penal*, no. 45, pp. 119–158, 2013.
  - [60] Organización Mundial de la Salud, “Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020,” 2011.
  - [61] G. Cabrera-Arana and N. Velázquez-Osorio, “La década de acción en seguridad vial en Medellín, Colombia, a 2015,” *Revista de Salud Pública*, vol. 17, no. 1, pp. 140–150, 2015.
  - [62] D. de tránsito y transporte dirección delInvestigación Criminal, “Caracterización de la Accidentalidad en Colombia: Análisis del Fenómeno desde el Estudio del Factor Humano,” *Observatorio del delito Dirección de Tránsito y Transporte*, no. 1, 2015.
  - [63] Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, “Forensis 2017,” no. 1. 2018.
  - [64] J. I. Ruiz and A. N. Herrera, “Road traffic accidents with injured in Colombia according to information sources: General characterization and accident

- typologies,” *CES Psicología*, vol. 9, no. 1, pp. 32–46, 2016.
- [65] F. Bella, V. Natale, and M. Silvestri, “Driver-pedestrian interaction under different road environments,” *Transportation Research Procedia*, vol. 27, pp. 148–155, 2017.
- [66] R. Torres, “intervención social y seguridad vial,” *Praxis sociológica*, vol. 10, pp. 235–249, 2006.
- [67] J. I. Nazif and G. Pérez Salas, “Experiencias internacionales en campañas integrales y efectivas de seguridad vial.” Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, p. 8, 2011.
- [68] Mintransporte de Colombia, *Manual de referencia para conductores de vehículos en general y motocicletas*. 2016.
- [69] R. Salinas de Gortari, *Empoderamiento ciudadano a través de la tecnología*, 1st ed. Ciudad de Mexico, 2016.
- [70] M. E. Merchán Pico, R. E. Pérez González, and O. P. Noreña Aristizábal, “Seguridad vial y peatonal: una aproximación teórica desde la política pública,” *Hacia la promoción de la salud*, vol. 16, no. 2, pp. 190–204, 2011.
- [71] P. Bromberg, “DE LAS ENCUESTAS BIENALES DE CULTURA A UN ÍNDICE DE CULTURA CIUDADANA,” Bogotá, 2017.
- [72] T. Guo, X. Zhang, and T. Cheng, “Evaluation of wetland ecological restoration project based on SD: A case study on Qilihai wetland in Tianjin,” *Procedia Environmental Sciences*, no. 10, pp. 2587–2593, 2011.
- [73] B. K. Bala, F. Arshad, and K. Noh, *System Dynamics. Modelling and Simulation*. Singapore: Springer Texts in Business and Economics, 2017.
- [74] J. D. W. Morecroft, *Strategic Modelling and Business Dynamics*. 2015.
- [75] alcaldía de Medellín, *Diez años contruyendo juntos Cultura Ciudadana en Medellín. Encuesta de Cultura ciudadana 2017*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [76] Corpovisionarios and Alcaldía de Medellín, “Actualización de indicadores de cultura ciudadana Medellín.” Alcaldía de Medellín, Medellín, 2017.
- [77] C. Alonso, Francisco; Calatayud and B. ;Montoro, Luis; Alamar, *Los jóvenes en el tráfico: circunstancias culturales, sociales y psicológicas*, no. October. 2004.
- [78] Gobernación de Antioquia, *Control social y rendición pública de cuentas*. 2014.
- [79] Departamento Administrativo de Planeación, “Plan Operativo Anual de Inversiones 2018,” Medellín, 2018.
- [80] H. Murrain Knudson Director Ejecutivo, A. Cristina Lesmes Patiño Directora Administrativa, A. Ramírez Pisco Directora Observatorio Edisson Aguilar Torres Laura Bustamante Atehortúa Francisco Franco Rosas, and N. López, “Actualización de indicadores cultura ciudadana medellín,” 2017.
- [81] Corpovisionarios, “Retos y oportunidades de la cultura ciudadana en Medellín. Encuesta de Cultura Ciudadana, 2015,” *Corporavisionarios & Secretaría de Cultura*

- Ciudadana Medellín*, vol. 1, no. 107, pp. 1–107, 2015.
- [82] L. Nunes Gonzalez and J. M. Sanchez Pardo, “Psicología aplicada a la conducción,” p. 152, 2013.
- [83] Alcaldía de Medellín, *Plan de Desarrollo Medellín cuenta con vos 2016-2019*. 2016, pp. 1–635.
- [84] Fondo de Prevención Vial, “Cultura Ciudadana y Transformación de Ciudad,” Cali, 2012.
- [85] Á. V. Parra Villamil, “Ejerciendo como ciudadanos el control social sobre nuestros dirigentes,” 2013.
- [86] T. Díaz Ricardo, Y. Arrieta Leottau, and E. Mercado García, “Verificación del cumplimiento de las normas de tránsito por parte de los conductores de transporte público urbano en la ciudad de Cartagena, Colombia,” *Saber, Ciencia y Libertad*, vol. 9, no. 1, pp. 31–46, 2014.
- [87] CEPAL, “Experiencias internacionales en campañas integrales y efectivas de seguridad vial,” 2011.
- [88] L. Montoro, F. Alonso, C. Esteban, and F. Toledo, *Manual de seguridad vial: El factor humano*. Barcelona: Editorial Ariel, 2000.
- [89] M. Rodríguez Parrón, “Aportaciones de los predictores de riesgo a la educación vial en la escuela,” *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 1–141, Oct-2001.
- [90] M. Silva Martínez, “Educación vial,” 1974, no. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, pp. 1–9.
- [91] L. Arnau and J. Montané Capdevila, “Educación vial y cambio de actitudes: algunos resultados y líneas de futuro,” *Educación*, vol. 46, pp. 1–15, 2010.
- [92] Mauricio García Villegas, *Normas de papel: la cultura del incumplimiento de reglas*. 2009.
- [93] C. Bicchieri and R. Muldoon, “Normas sociales,” *Encyclopedia of Philosophy*, no. 2006. Spring, p. 36, 2014.
- [94] A. Barry and N. Thrift, “Gabriel tarde: Imitation invention and economy,” *Economy and Society*, vol. 36, no. 4, pp. 509–525, 2007.
- [95] A. Bandura, “Social Learning Theory of Aggression,” *Traffic Psychology*, no. October, pp. 1–18, 1978.
- [96] A. A. Bedoya, “Factores que inciden en la conducta de los peatones frente a las normas de seguridad vial,” 2018.
- [97] M. Perdomo, “Muertes por accidente de tránsito,” Bogotá, 2000.
- [98] A. Mockus, “Armonizar ley, moral y cultura. Cultura ciudadana, prioridad de gobierno con resultados en prevención y control de violencia en Bogotá, 1995-1997,” Banco Interamericano de Desarrollo, 1997.
- [99] S. Useche, “Análisis de errores y violaciones de tránsito en los conductores de

- Bogotá a través del DBQ (Driving Behavior Questionnaire),” *Revista de Psicología Jurídica* , no. October 2011, 2011.
- [100] N. Durán and N. Moreno, “Personalidad e infracciones frecuentes de normas de tránsito,” *Diversitas*, vol. 12, no. 1, p. 123, 2016.
- [101] J. I. Ruiz and L. C. López, “Escala de dificultades percibidas para la conducción, hostilidad y extraversión: un análisis correlacional en conductores de Bogotá,” *Perceived driving difficulties scale, hostility and extraversion: an correlational analysis with drivers from Bogotá.*, vol. 6, no. 2, pp. 449–462, 2010.
- [102] R. Planzer and United Nations. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. División de Recursos Naturales e Infraestructura., *La seguridad vial en la región de América Latina y el Caribe : situación actual y desafíos*. 2005.
- [103] G. V. Mauricio, *La eficacia simbólica del derecho. Examen de situaciones colombianas*, vol. 33, no. 1. 1993.
- [104] R. Blasco, “Aspectos psicosociales descuidados en la psicología del tráfico.” 1995.
- [105] A. Alvarado, Feyber; Villarreal, “Estrategia de comunicación y educación en seguridad vial para los control de enseñanza automovilística en bogotá D.C.,” Pontificia Universidad Javeriana, 2015.
- [106] L. Castrillón López, *Ciudadanos, cultura, sociedad y política*, Segunda. MEde llín, 2012.
- [107] Cámara de Comercio, “Encuesta de Percepción Ciudadana Medellín 2016,” Medellín, 2017.
- [108] P. M. Pérez Alonso-Geta, “El Respeto a la Norma en el Desarrollo Cívico y Moral de la Ciudadanía : Retos Educativos.” pp. 1–30, 2013.
- [109] N. Durán and N. Moreno, “Personalidad e infracciones frecuentes de normas de tránsito,” *Diversitas*, vol. 12, no. 1, p. 123, 2016.
- [110] P. Páramo, “Comportamiento urbano responsable: las reglas de convivencia en el espacio público,” *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 45, no. 3, pp. 473–485, 2013.
- [111] M. C. Jackson, *Creative holims for managers*. Chichester, West Sussex: John Wiley and Sons Inc, 2003.
- [112] S. Albin, “Building a System Dynamics Model Part 1: Conceptualization,” Boston, 1997.
- [113] E. Moyano-Díaz, “Construcción de un modelo de comportamiento de riesgo vial,” *Revista Chilena De Psicología*, vol. 20, pp. 126–136, 1999.
- [114] E. Norza Céspedes, E. L. Granados León, S. A. Useche Hernández, M. Romero Hernández, and J. Moreno Rodríguez, “Descriptive and explanatory components of road accident rate in Colombia: Influence of the human factor.,” *Criminalidad*, vol. 56, no. 1, pp. 157–187, 2014.
- [115] M. Sucha, D. Dostal, and R. Risser, “Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 102, pp.

- 41–50, 2017.
- [116] L. Izquierdo, J. Galán, J. Santos, and R. Del Olmo, “Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas,” *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, no. 16, pp. 85–112, 2008.
- [117] Corte Constitucional de Colombia, “Código Nacional de Tránsito Terrestre. Ley 769 de 2002.” Ministerio de Tránsito y Transporte de Colombia, 2002.
- [118] J. W. Forrester, “System dynamics, systems thinking, and soft OR,” *System Dynamics Review*, vol. 10, no. 2–3, pp. 245–256, 1994.
- [119] R. G. Coyle, *System dynamics modelling. A practical approach*. Hong Kong: Chapman and Hall, 1996.
- [120] J. W. Forrester, “Counterintuitive Behavior of Social Systems,” *Theory and Decision*, vol. 2, no. 2, pp. 109–140, 1971.
- [121] C. Olaya, “Más ingeniería y menos ciencia por favor,” *XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*, p. 6, 2013.
- [122] J. Moizer and I. Moffatt, “System Dynamics Modelling of Occupational Safety: A Case Study Approach.”
- [123] R. Quaden, A. Ticotsky, and D. Lyneis, “Do you want fries with that? Learning about connection circles,” *The shape of change. Stocks and flows*, no. 978, p. 30, 2006.
- [124] N. Repenning, “Formulando modelos de sistemas simples usando VENSIM PLE32,” in *System dynamics in education project D-4697-2*, Cambridge, Massachusetts, 1998.
- [125] J. M. Lyneis, “System dynamics for business strategy: a phased approach,” *System Dynamics Review*, vol. 15, no. 1, pp. 37–70, 1999.
- [126] J. B. Homer, “Why we iterate: scientific modeling in theory and practice,” *System Dynamics Review*, vol. 12, no. 1, pp. 1–19, 1996.
- [127] J. D. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, vol. 6, no. 1. Irwin McGraw-Hill, 2000.
- [128] R. Oliva, “A Vensim® Module to Calculate Summary Statistics for Historical Fit,” *System Dynamics Group*, vol. 10, pp. 51–56, 1995.
- [129] T. J. Chermack and L. van der Merwe, “The role of constructivist learning in scenario planning,” *Futures*, vol. 35, no. 5, pp. 445–460, 2003.
- [130] S. Montes, “Diferencias individuales y correlatos psicológicos de los errores relacionados con la inatención en conductores.”
- [131] J. I. Castillo Manzano, M. Castro Nuño, V. Lourdes López, D. Pedregal Tercero, J. Monclús, and J. Ortega, “La contribución a la seguridad vial de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación,” *Consejo De Seguridad Vial. Fundación MAPFRE*, Madrid, pp. 583–594, 2017.

- [132] J. Tena-Sánchez, “El impacto de las nuevas políticas de seguridad vial sobre la conducta de los conductores,” *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*, no. 57, pp. 1–35, 2013.
- [133] R. Elvik *et al.*, “Assessing the efficiency of priorities for traffic law enforcement in Norway,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 47, no. 0349, pp. 146–152, 2012.
- [134] C. Ponce, M. Bulnes, J. Aliaga, E. Delgado, and R. Solis, “ESTUDIO PSICOLÓGICO SOBRE LOS PATRONES DE CONDUCTA EN CONTEXTOS DE TRÁFICO, EN GRUPOS DE AUTOMOVILISTAS PARTICULARES Y PROFESIONALES DE LIMA METROPOLITANA,” *Revista IIPSI*, vol. 9, pp. 33–64, 2006.
- [135] A. Mockus, H. Murraín, and M. Villa, *Antípodas de la violencia. Desafíos de cultura ciudadana para la crisis de (in)seguridad en América Latina*. New York: Banco Interamericano de Desarrollo, 2012.
- [136] A. Bandura, “Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change,” *Advances in Behaviour Research and Therapy*, vol. 1, no. 1, pp. 139–161, 1978.
- [137] L. Dorn, “Driver behaviour and training,” vol. 3, no. March 2008, 2015.
- [138] F. M. Albar and A. J. Jetter, “Heuristics in decision making,” in *Technology Management in the Age of Fundamental Change*, 2009, pp. 578–584.
- [139] M. C. Albán Conto, “El comportamiento de peatones en el espacio público. Una aproximación sociológica al caso de Bogotá,” *Territorios*, vol. 0, no. 13, 2004.
- [140] Organización Mundial de la Salud; and Fia Foundation, “Seguridad peatonal,” vol. 4–2, p. 148, 2010.
- [141] Corpovisionarios, “Retos y oportunidades de la cultura ciudadana en Medellín,” *Corpovisionarios & Secretaría de Cultura Ciudadana Medellín*, vol. 1, no. 107, pp. 1–107, 2015.

## **CAPÍTULO III**

**Pregunta de investigación: ¿cuál sería el efecto en el comportamiento de los conductores, en pasos peatonales, al introducir en sociedad un instrumento de empoderamiento peatonal?**

Jairo J. Pérez  
jairojose.perez@upb.edu.co

## RESPUESTA A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El efecto en el comportamiento de los conductores, al introducir en sociedad un instrumento de empoderamiento peatonal, es la disminución, de manera acelerada, del incumplimiento a las normas legales en pasos peatonales y, por tanto, la mejora y el sostenimiento en el tiempo del respeto al peatón. Esto se determinó mediante la evaluación de las conductas de riesgo y las conductas seguras de los conductores de vehículos automotores, utilizando el *Subíndice de Respeto al Peatón* ( $SRP_{Area}$ ), en el campus central de la Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín Colombia, durante 29 meses entre el 2017 y el 2020. También, a través de la construcción de un modelo de simulación computacional que: 1) explica el comportamiento del  $SRP_{Area}$  mediante el  $SRP_{simulado}$ , 2) reúne el concepto de expertos, 3) coincide estructuralmente con el estado del arte, y 4) fue validado con los datos de dicha evaluación. Así, y a la luz de la evidencia presentada en los Capítulos I y II, el  $SRP_{Area}$  y el  $SRP_{simulado}$  muestran que el uso de un instrumento de empoderamiento peatonal, tipo aplicación móvil, permite realizar control social al comportamiento de los conductores para disminuir el fenómeno del incumplimiento a las normas pro peatón, es decir, aumentar el nivel de respeto al peatón, en dicho periodo. Por lo anterior, se valida la hipótesis de mi propuesta doctoral en un caso de estudio, sin haber comprometido el mismo comportamiento de la sociedad en general.

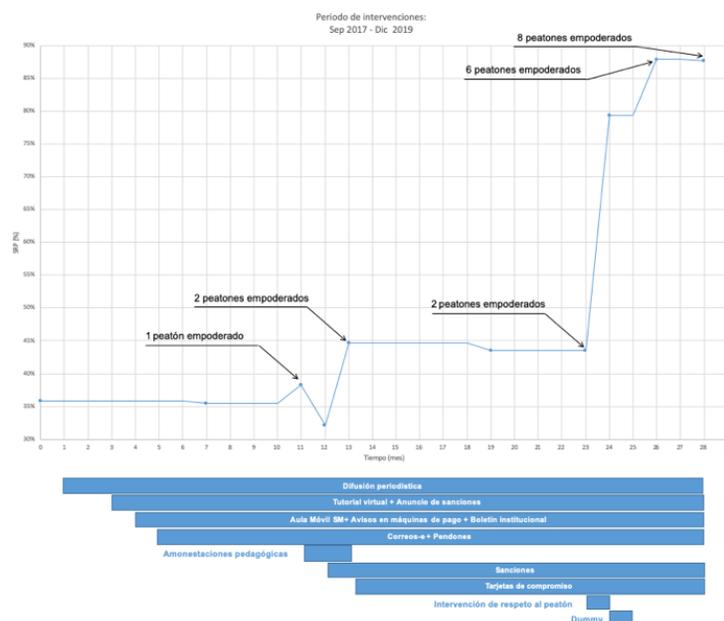


Figura 1. Modo de referencia del fenómeno del incumplimiento a las normas pro peatón en el campus central de la Universidad Pontificia Bolivariana

Es importante destacar que, en una situación dominante de irrespeto al peatón, introducir peatones empoderados tiene un efecto significativo; sin embargo, después de que se alcanza un  $SRP_{Area} > 80\%$ , debido a la adopción de la norma social pro peatón, la introducción de nuevos peatones empoderados ya no tendrá el mismo efecto.

Como se menciona en el Capítulo II, no se detectó ningún cambio significativo en el estado de cumplimiento a la norma pro peatón, en el periodo entre el mes 0 y el 12, al aplicar únicamente intervenciones sociales, ver Figura 1. El cambio máximo del  $SRP_{Area}$  en este periodo fue de 6.2 % lo que señala que las intervenciones sociales, sin el acompañamiento del control social, no tienen un efecto importante o acelerado en el comportamiento de los conductores. También se muestra que el coeficiente de correlación del  $SRP_{Area}$  con la cantidad y número de inversiones sociales, de la Figura 1, es 0 y -0.1 respectivamente, lo cual sugiere que no existe relación estadísticamente significativa entre ellas. Lo que si se presenta es una correlación estadísticamente significativa y positiva de 0.7 entre el número de peatones empoderados y el  $SRP_{Area}$ , sugiriendo que el sostenimiento de este último se debe a la participación de ellos.

En vista de que algunos puntos del gráfico de la Figura 1 corresponden a interpolaciones aplicadas entre *mm* para homogeneizar el paso de tiempo a 1 mes, y así validar el modelo propuesto en el Capítulo 2, es posible determinar la velocidad de cambio del  $SRP_{Area}$  y  $SRP_{simulado}$ . Estas interpolaciones permiten acuñar a la variable tiempo en el cálculo de la velocidad y determinarla con dichas variables. De esta manera, los cálculos se realizan en función del mes actual y el anterior dando como resultado los comportamientos presentados en la Figura 2.

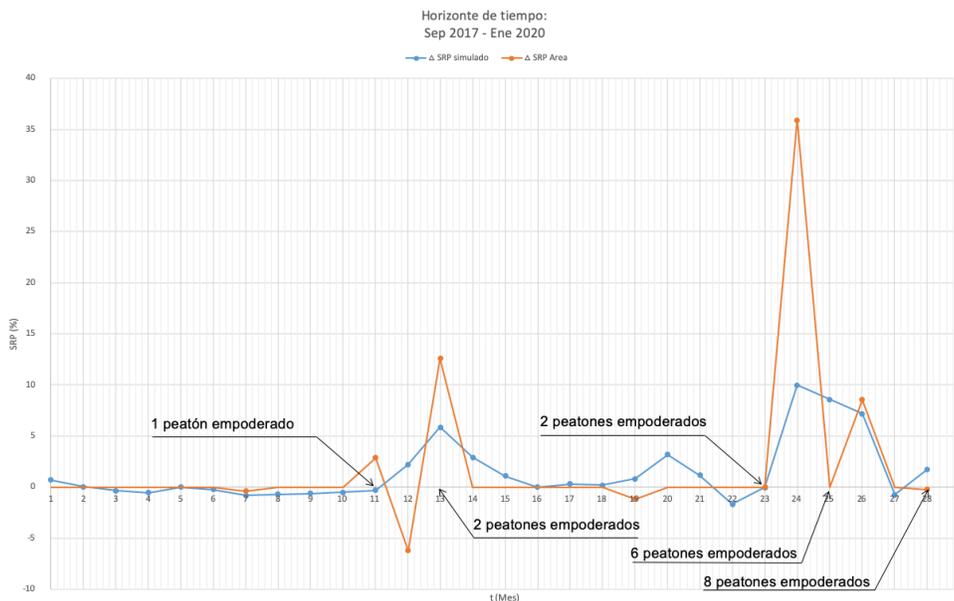


Figura 2. Comportamiento del  $\Delta SRP_{Area}$  y el  $\Delta SRP_{simulado}$  en el tiempo

En el caso del  $SRP_{Area}$  de la Figura 2, las pendientes en cero, o mesetas, corresponden a velocidades nulas, o periodos donde el  $SRP_{Area}$  se sostuvo, y son errores que resultan de la interpolación de los datos; sin embargo, las pendientes  $\neq 0$  muestran los cambios

de velocidad. Las pendientes positivas significa incrementos y, por tanto, un mejoramiento en el nivel de respeto por parte de los conductores; mientras que las pendientes negativas representa decrementos en la velocidad y, en consecuencia, un deterioro del respeto de los conductores a los peatones. Para el caso del SRP<sub>simulado</sub>, se muestra un comportamiento de la velocidad del nivel de respeto, que excluye mesetas y, expone pendientes de menor magnitud tanto en ascenso como en descenso de acuerdo con la cantidad de peatones empoderados.

De manera alternativa, y para responder a la pregunta de investigación, el efecto del empoderamiento peatonal en el comportamiento de conductores se determina también mediante el cambio del Índice de Respeto al Peatón (IRP<sub>Area</sub>) por momento de muestreo (*mm*). En este caso, se utilizan las expresiones matemáticas mostradas en el Análisis Diferencial Tipo Delta del Capítulo I. Así, las cifras calculadas con  $\Delta IRP_{Area}$  y  $\Delta IRP_{Area LB}$ , de mayor valor, y positivas, representa disminuciones; las cercanas a 0 %, significa que no se presentan mayores cambios; y finalmente, las negativas indica aumentos, en el incumplimiento a la norma pro peatón respecto a la muestra anterior y a la línea base (LB), respectivamente, como se muestra en la Figura 3.

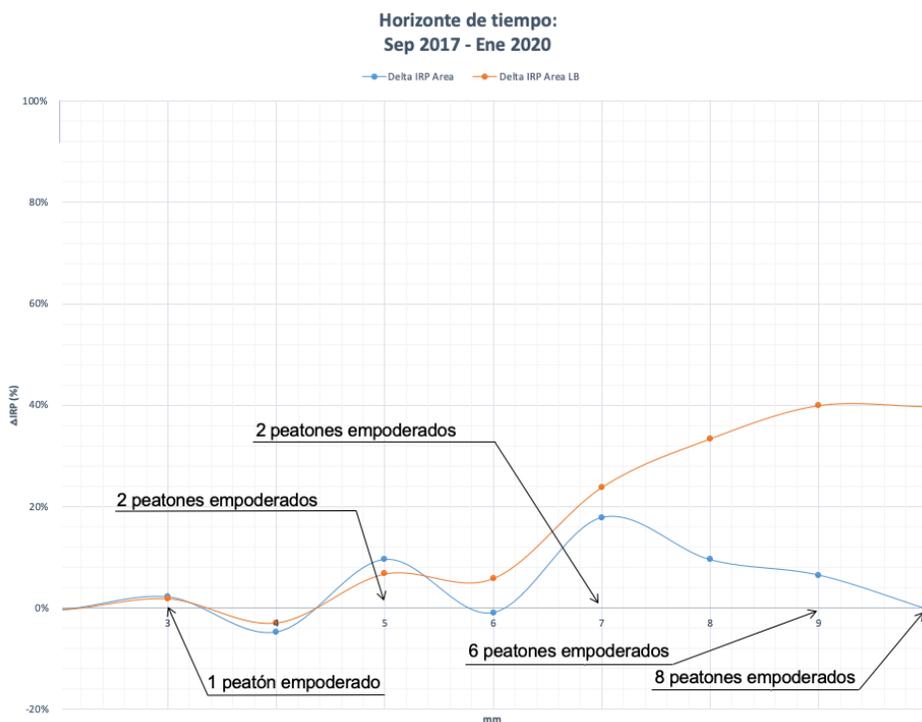


Figura 3. Comportamiento del  $\Delta IRP_{Area}$  y  $\Delta IRP_{Area LB}$ , y participación de peatones empoderados, durante 10 momentos de muestreo

Nótese que la presencia del número peatones empoderados por convicción e incentivos conlleva a la generación de pendientes positivas en  $\Delta IRP_{Area LB}$ , lo que señala un mejoramiento en el nivel de respeto por parte de los conductores. Asuntos particulares como: prueba de la hipótesis para mostrar la significancia estadística entre los valores de  $\Delta IRP_{Area}$  y  $\Delta IRP_{Area LB}$ , así como el periodo de aplicación de intervenciones, en  $t_{mm}$  y  $t_{mm-1}$ , fueron consignados en el Análisis Diferencial del Índice del Respeto al Peatón y la Tabla 3 del Capítulo 1.

# **ANEXOS**

## **Producción científica**

Jairo J. Pérez  
jairojose.perez@upb.edu.co

Universidad Pontificia Bolivariana. Dirección: Circular 1. # 70- 01. Medellín. Colombia.  
Autor de correspondencia: correo-e jairojose.perez@upb.edu.co. Dirección: Universidad Pontificia Bolivariana.  
Bloque 22. Circular 1. # 73-76. Medellín 050031. Colombia.

José Fernando Flórez Arango  
 José Gabriel Franco Vásquez  
 José Mauricio Hernández Sarmiento  
 Juan Alberto Torres Alzate  
 Juan Camilo Suárez Escudero  
 Juan Guillermo Barrientos Gómez  
 Laura Bedoya Zapata  
 Laura Cristina Zapata Henao  
 Leidy Rendón Castrillón  
 Libia María Rodríguez Padilla  
 Lida González Rojas  
 Lila María Cortés Fonnegra  
 Lina Andrea Gutiérrez Builes  
 Lina María Martínez Sánchez  
 Lucelly López López  
 Luis Carlos Ochoa Vásquez  
 Luz Elena Botero Palacio  
 Luz Estella Torres Trujillo  
 Luz Yaneth Orozco Jiménez  
 Manuel J. Betancur Betancur  
 Margarita Ramírez Carmona  
 María Clara Vélez Ángel  
 Matilde Ligia Álvarez Gómez  
 Mónica Uribe Ríos  
 Natalia Restrepo Restrepo  
 Ruth Cabrera Orrego  
 Sandra Ríos Tobón  
 Silvia María Puerta Echeverri  
 Verónica Andrea Álvarez Tobón  
 Wilmar Alonso Alcaraz Otálvaro  
 Yesid Vélez Salazar  
 Zulma Vanesa Rueda Vallejo

La primera edición del libro Salud Pública: Enfoque preventivo, integrado y práctico presenta 44 capítulos y un suplemento de 8 experiencias institucionales.

Participan 62 autores de diferentes áreas del conocimiento como ciencias sociales, ciencias de la salud, ingenierías y administración.

Está organizado de una manera práctica e inicia con capítulos introductorios que permiten analizar la importancia y el futuro de la salud pública, continúa con capítulos conceptuales que le aportan a la fundamentación de los estudiantes, capítulos de programas y proyectos nacionales relevantes en salud pública y aplicados a la práctica en salud, capítulos asociados a temas administrativos desarrollados en el quehacer diario de una institución de salud y finaliza con cuatro capítulos de investigación operativa para la toma de decisiones en salud pública, como un aporte innovador a la forma de realizar investigación aplicada y práctica.

En la parte final del libro se presenta un grupo muy interesante de experiencias, que muestran el trabajo realizado, relacionado con salud pública, por parte de diferentes grupos investigativos, académicos, de prestación de servicios, proyección social y administrativos de la Universidad Pontificia Bolivariana.



SALUD PÚBLICA. Enfoque preventivo, integrado y práctico

# SALUD PÚBLICA

## Enfoque preventivo, integrado y práctico

Mónica Uribe Ríos - Gabriel Jaime Guarín Alzate  
 Editores



### Autores

Abelardo Guzmán Hurtado  
 Adriana Lucía Correa Arango  
 Aída Luz Jiménez Herrera  
 Alejandro Angarita Martínez  
 Alex Rogelio Flórez Bedoya  
 Alicia Krikorian Daveloza  
 Ana Victoria Valencia Duarte  
 Andrés Felipe Tirado Otálvaro  
 Beatriz Elena Gómez Hoyos  
 Carlos Alberto Restrepo Molina  
 Carlos Augusto Giraldo Jaramillo  
 Carlos Ocampo López  
 Claudia María Mejía Montoya  
 Diana Catalina Arenas González  
 Diana Marcela Marín Pineda  
 Dora Carmona Garcés  
 Ever Augusto Torres Silva  
 Francly Edith López Herrera  
 Gabriel Jaime Guarín Alzate  
 Giovan Fernando Gómez García  
 Gloria Mercedes Ortiz Trujillo  
 Gloria Patricia Naranjo Ramírez  
 Guillermo León Zuleta Salas  
 Hsirley Calderón Bejarano  
 Isabel Cristina Ortiz Trujillo  
 Iván Felipe Luna Gómez  
 Jack Willard Smith  
 Jaime Fernando Tibaduiza Pineda  
 Jairo J. Pérez García  
 Jorge Hernando Donado Gómez

# SALUD PÚBLICA

## Enfoque preventivo, integrado y práctico

Mónica Uribe Ríos - Gabriel Jaime Guarín Alzate  
Editores



Este material es de uso restringido de acuerdo con la confiabilidad del proceso de edición. La editorial no autoriza la reproducción de la presente versión de la obra por ningún medio.

WA550  
U7 – 19

Uribe Ríos, Mónica, autor  
Salud pública. Enfoque preventivo, integrado y práctico / Mónica Uribe Ríos [y otros  
58] – Medellín: UPB, 2019.  
568 p.: 17 x 24 cm. –  
ISBN: 978-958-764-747-1

1. Salud Pública – 2. Sistemas de Salud – 3. Riesgo – 4. Factores de Riesgo – 5.  
Promoción de la Salud – 6. Prevención de Enfermedades – 7. Atención Primaria de  
Salud – 8. Monitoreo Epidemiológico – 9. Agua Potable – 10. Telemedicina

CO-MdUPB / spa / rda

© Varios autores  
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana  
Vigilada Mineducación

**Salud pública. Enfoque preventivo, integrado y práctico**

ISBN: 978-958-764-747-1  
Primera edición, 2019  
Escuela de Ciencias de la Salud  
Facultad de Medicina

**Gran Cancellor UPB y Arzobispo de Medellín:** Mons. Ricardo Tobón Restrepo  
**Rector General:** Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda  
**Vicerrector Académico:** Álvaro Gómez Fernández  
**Decano Escuela de Ciencias de la Salud - Director Facultad de Medicina:** Camilo Osorio Barker  
**Director Facultad de Enfermería:** Fernando Antonio Cardona Restrepo  
**Gestor Editorial Escuela de Ciencias de la Salud:** José Gabriel Franco Vásquez  
**Editor:** Juan Carlos Rodas Montoya  
**Coordinación de Producción:** Ana Milena Gómez Correa  
**Diagramación:** María Isabel Arango Franco  
**Ilustración Portada:** Mauricio Morales Castrillón  
**Corrección de Estilo:** Mónica Ospina  
**Revisión Bibliográfica:** Diego Fernando Sánchez Jaramillo

**Dirección Editorial**

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019  
e-mail: editorial@upb.edu.co  
www.upb.edu.co  
Telefax: (57)(4) 354 4565  
A.A. 56006 - Medellín - Colombia

**Radicado:** 1850-07-05-19

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

material es de uso restringido de acuerdo con la confidencialidad del proceso de edición. La editorial UPB no autoriza la reproducción de la obra por ningún medio.

### Introducción

La Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) es una Institución Católica creada por la Arquidiócesis de Medellín en el año de 1936, tiene como Misión la formación integral de las personas que la constituyen, mediante la evangelización de la cultura, la búsqueda constante de la verdad, en los procesos de docencia, investigación, proyección social y la reafirmación de los valores desde el humanismo cristiano, para el bien de la sociedad. Está constituido como organismo sin ánimo de lucro, con personería jurídica de Derecho Civil, con fundamento en las normas constitucionales, concordatarias y legislativas, acata las disposiciones legales vigentes (1). Su sede central está ubicada en la ciudad de Medellín, en el departamento de Antioquia. Además, cuenta con sedes en Bogotá, Marinilla, Poblado, Robledo y Tecno Parques, una Clínica Universitaria y tres seccionales en las ciudades de Montería, Bucaramanga y Palmira. La Universidad Pontificia Bolivariana es una entidad de derecho privado, pertenece al sector servicios y subsector educación (básica primaria, secundaria, pregrado y postgrado).

La información del presente capítulo, sobre movilidad, se refiere a la sede central de la UPB, ubicada en el centro occidente de la ciudad, en el barrio Laureles de la Comuna 11 (Laureles-Estadio). Cuenta con 200 000 m<sup>2</sup> aproximadamente, es un nodo importante de la ciudad de Medellín, en la medida en que circulan diariamente cerca de 25 000 personas, quienes utilizan diferentes medios de transporte para su desplazamiento.

En cuanto a la población, cuenta con 4500 estudiantes del colegio, 11 700 en pre-

grado, 1919 en postgrado y una planta de personal administrativo de 3473. Ofrece un total de 46 programas de pregrado, 77 especializaciones, 25 especializaciones medicquirúrgicas, 54 maestrías, 7 doctorados y 2 doctorados canónicos (2).

### Transformación vial del campus universitario

La UPB hasta el año 2012 contaba al interior del campus con 800 celdas de parqueadero delimitadas para carros y motos, y se parqueaban alrededor de 400 vehículos adicionales en zonas no autorizadas. A partir de la construcción del edificio de parqueaderos, a finales del año 2012, cuenta con 1280 celdas para carros, de las cuales 36 de ellas son para personas con movilidad reducida; 500 para motos al interior del edificio, y en el campus universitario se delimitan 500 celdas para carros y no se permite el parqueo de motos. Además, la Universidad ha procurado convertirse en un campus biciamigable y una de las acciones adoptadas ha sido la creación de 1217 metros de bicivías internas que conectan las tres porterías (Figura 1) que se tienen dispuestas para el ingreso de bicicletas, y con 550 biciparqueaderos internos y sus ciclos rutas. (Figura 2).

La Universidad cuenta con diferentes porterías para el ingreso y salida de los usuarios del campus, en la tabla 1 se presenta dicha información (Ver tabla 1).

- Portería Avenida Bolivariana, tiene acceso mixto (peatones, bicicletas y vehículos), pero el ingreso vehicular es solo para personal que tenga carné de la Universidad (estudiantes, egresados y empleados), cuenta con tres accesos para vehículos, dos para motos, seis torniquetes para peatones.

Figura 1. Porterías principales UPB, sede Laureles.



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

Figura 2. Biciparqueaderos internos y cicloruta



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

Tabla 1. Porterías Universidad Pontificia Bolivariana, sede Laureles.

Porterías	Tipo de ingresos
Avenida Bolivariana	Autos, bicicletas y peatones
Carrera 70	Bicicletas y peatones
Circular primera con la Avenida Nutibara	Bicicletas y peatones
Edificio Parqueaderos	Autos y motos
Circular primera con la 68	Autos y buses de transporte escolar
Circular primera con la 66	Autos y motos
Avenida Nutibara	Autos y motos
Porterías peatonales circular primera	Peatones
Túnel peatonal *	Peatones

(\*) Acceso desde el edificio de estacionamiento a personas con carné, no permite el ingreso de visitantes.

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

tones y una puerta para bicicletas y personas con diversidad funcional.

- Portería carrera 70 y circular primera con la avenida Nutibara, cuenta principalmente con acceso peatonal con cinco torniquetes y con una puerta para bicicletas y personas con diversidad funcional. Se tiene un espacio disponible para el ingreso ocasional de vehículos institucionales o para eventos especiales, donde solo se puede acceder desde la circular primera en sentido oeste – este.
- Edificio de parqueaderos, exclusivamente vehicular y conecta únicamente con los parqueaderos ubicados debajo de la cancha del bloque 18, cuenta con dos carriles de ingreso para vehículos y uno para la salida, también tiene una talanquera para el ingreso de las motos y una para la salida. Internamente se cuenta con una portería que une el edificio de parqueaderos con el campus universitario, esta se habilita para la salida de vehículos entre las 11:30 a.m. y las 2:00 p.m., y entre las 5:00 p.m. y las 6:30 p.m.
- Cuentan con otros accesos provisionales o especializados, que solo operan para ocasiones especiales, con usos específicos o eventuales, los cuales se describen a continuación:
  - Circular primera con la 68, solo se permite el ingreso de invitados especiales con previa autorización, igualmente el ingreso a personas que van para las ceremonias que se realizan en el templo universitario.
  - Circular primera con la 66, solo se permite el ingreso de proveedores que llevan mercancía a la bodega ubicada en el bloque 20 (cerca a esta portería) y a los vehículos de transporte escolar del colegio.
  - Avenida Nutibara, solo se permite el ingreso de proveedores que lleven insumos para el edificio de laboratorios (bloque 11 B).
  - Porterías peatonales circular primera, solo se permite el ingreso a estudiantes

del colegio, se habilitan en el horario de ingreso y salida de estos estudiantes.

Las vías internas de la universidad se encuentran debidamente demarcadas para la circulación de vehículos, bicicletas y peatones, al igual que los accesos para personas con diversidad funcional, zonas de emergencias de cargue, descargue y parqueo. Se comparte, en la tabla 2 un reporte de ingresos peatonales, vehiculares (carro y moto), de un día de alto tráfico (3).

### Aplicabilidad del Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV)

La seguridad vial se refiere al conjunto de acciones, mecanismos, estrategias y medidas orientadas a la prevención de accidentes de tránsito, a anular o disminuir los efectos de los mismos, con el objetivo de proteger la vida de los usuarios en las diferentes vías.

En el año 2016, la Universidad elabora el Plan Estratégico de Seguridad Vial, con la finalidad de definir los objetivos y las acciones e intervenciones concretas para alcanzar los propósitos en materia de prevención de accidentes de tránsito, facilitando la gestión de la organización, al definir las áreas involucradas, los responsables, y los mecanismos de evaluación y seguimiento en función del cumplimiento de las actuaciones definidas en seguridad vial, para contribuir a tener una movilidad segura en el campus universitario (3).

La Universidad a través del acuerdo del Consejo General Directivo CGD-011/2016, define la política de seguridad vial: “La Universidad Pontificia Bolivariana se compromete a establecer actividades de promoción y prevención de accidentes de tránsito en las vías internas privadas de uso público que se encuentran dentro del campus universitario y en las vías externas aledañas a la institución, para ello, los integrantes de la comunidad universitaria son responsables en la participación de las actividades de prevención y control que programe y desarrolle la institución bajo su PESV.(4)

Tabla 2. Reporte de ingresos de carros, ingresos vehiculares (2017).

Ingreso carros		Cantidad	
Portería Bolivariana		1108	
Portería 74		1865	
<b>Total</b>		<b>2973</b>	
Ingreso motos		Cantidad	
Portería 74		867	
Ingreso peatonal			
Portería	Movilidad reducida	Peatonal	Total
Bolivariana	145	8921	<b>9066</b>
Carrera_70	210	6266	<b>6476</b>
Circular 1		4218	<b>4218</b>
Túnel		2938	<b>2938</b>
<b>Total</b>	<b>355</b>	<b>22 343</b>	<b>22 698</b>

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

Los conductores y ocupantes de los vehículos deben cumplir con la normatividad vigente y aplicar las disposiciones dadas en el Plan Estratégico de Seguridad Vial, que se enmarcan en principios de seguridad, calidad, la preservación de un ambiente sano y la protección del espacio público.

La Universidad establecerá estrategias de sensibilización en los riesgos viales a la comunidad universitaria, a través de capacitaciones en prevención de accidentes de tránsito y respeto por las señales de tránsito vehicular, que permitan la adopción de conductas proactivas frente a la conducción segura de vehículos y al desplazamiento peatonal, buscando el mejoramiento continuo en las actividades de transporte.

Se adoptarán las medidas pertinentes para asegurar que, a todos los vehículos, al servicio de la institución, se les realicen las labores de mantenimiento preventivo mínimas, además de la asignación de recursos financieros para el diseño y ejecución de las actividades.

Se trabajará articuladamente con la Aseguradora de Riesgos Laborales – ARL en la elaboración de protocolos de atención de

emergencias y accidentes, y se socializarán con la comunidad universitaria”.

En atención al desarrollo del PESV, la UPB se acoge a la metodología que hace referencia a la Resolución # 1565 de 2014 del Ministerio de Transporte, dando inicio a la etapa de implementación mediante la conformación del Comité de Seguridad Vial, es así como mediante la Resolución Rectoral General # 77 de julio 29 de 2016, se conforma el Comité de Seguridad Vial, así: (5, 6)

Adicionalmente, la Universidad se acoge a lo establecido en las normas generales y específicas contempladas en la Resolución # 1384 de 2010, por medio de la cual se adopta el método para establecer los límites de velocidad en las carreteras nacionales, departamentales, distritales y municipales de Colombia; la Ley 769 de agosto 6 de 2002, por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito: (7,8), con las siguientes reglamentaciones:

- La Universidad contempla como velocidad máxima de circulación de vehículos al interior del campus 20 km/h.
- Tiene establecido un cronograma de mantenimiento preventivo de los vehículos.

Tabla 3. Integrantes del Comité de Seguridad Vial.

Principal	Suplente
Coordinación de transportes	Coordinación de Seguridad y Salud en el Trabajo
Coordinación de Seguridad y Parqueros	Dirección Administrativa
Profesional de Gestión de Riesgos, Emergencias y Desastres	Jefe de Plan Maestro

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

- Se realiza seguimiento y control a los vehículos institucionales a través de una lista de chequeo diario, donde los conductores de los vehículos realizan una revisión general del vehículo, dicha revisión queda consignada en el formato creado para tal fin.
- El coordinador de transportes inspecciona personalmente las condiciones externas y legales de los vehículos institucionales, igualmente, solicita los respectivos certificados de cada uno de los vehículos contratados, este requerimiento se hace trimestralmente a las empresas con las que se tiene contrato de servicio de transporte de pasajeros.

Teniendo presente que los accidentes que ocurren en vías internas o externas de la Universidad son considerados como accidente de trabajo para los empleados que estén ejerciendo las funciones inherentes a su cargo, la Universidad establece un procedimiento de reporte de investigación e incidentes de trabajo. Adicionalmente, se informa que se cuenta con una línea segura y de emergencias donde cualquier persona que se encuentre al interior del campus o de las casas de la Universidad ubicadas en el sector de Laureles, pueden reportar cualquier novedad que se presente relacionada con accidentes de tránsito, alteraciones de la salud, mantenimiento a la in-

Figura 3. Señales viales en el campus universitario.



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

infraestructura física y aspectos de seguridad, para esto se tiene un teléfono fijo (354 45 17) y un celular (311 634 42 03) que operan las 24 horas del día, los siete días de la semana. Adicionalmente, se han implementado las señales viales respetivas en el campus, como se evidencia en la figura 3.

### Aportes desde la movilidad a la sostenibilidad

A finales de 2017, se elabora el Plan de Movilidad Sostenible, con el objetivo de mejorar las condiciones actuales y futuras en materia de movilidad peatonal, vehicular y de transporte público en el sector en el cual se encuentra ubicado el campus universitario en su sede de Laureles en la ciudad de Medellín.

Para este Plan (9) se realizó una encuesta con una muestra de 668 personas, arrojando los siguientes resultados:

- Predomina la participación de docentes 31,5 %, empleados de unidades administrativas con un 28,4 %, estudiantes de posgrado 18,8 %, estudiantes de pregrado 16,9 % y el 4,4 % entre personal de servicios generales, contratistas y otros.
- El 43,9 % corresponde a edades entre 26 y 40 años, seguido por un 22,7 % entre 41 y 60 años, el 21,1 % entre 18 y 25 años y el 12,3 % con más de 50 años.
- Dada la cercanía de residencia, el tiempo de viaje desde y hacia la Universidad es de máximo una hora para el 54,1 % de los encuestados y de entre dos y tres horas para el 19,9 % de las personas, el 26 % de las personas se demoran más de tres horas.
- Al momento de ingresar al campus, un 39,5 % de los usuarios lo hace a pie y un 34,1 % en vehículo particular, el 26,4 % restante, ingresan en bicicleta, patineta o moto. De las personas que ingresan en vehículo particular, un 58,3 % viajan sin acompañantes, el 28,3 % con un solo pasajero, el 9,4 % ingresan con dos y el 4 % restante ingresan con tres o cuatro pasajeros.
- El 53,1 % de los encuestados solo realizan un ingreso y una salida de la universidad,

el 36,8 % dos ingresos y salidas, el 10,1 % restante lo hacen tres o más veces.

En cuanto al acceso, se obtuvo el registro de entrada y salida de vehículos y peatones para un período de seis días, durante las 24 horas del día, de lo que se adquirieron algunos datos relevantes del estudio, como el perfil de los usuarios que ingresan, la dinámica en las diferentes porterías de ingreso al campus y la distribución de los tipos de vehículos que ingresan al campus durante un día crítico. El Campus Laureles de la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta en su área de influencia directa con una buena infraestructura vial, teniendo vías de gran importancia para la ciudad y con muy fácil acceso a la red de vías arterias principales. En la imagen siguiente es posible observar las vías colectoras, arterias menores y arterias principales, a las que es posible acceder directamente (Ver figura 4).

En cuanto a los datos sobre accidentes de tránsito al interior del campus en el 2017 y parte del 2018, se tiene el siguiente reporte, en la tabla 4.

Tabla 4. Reporte de accidentes en el campus universitario.

Año	Número de accidentes
2017	8
2018	9

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

### El empoderamiento peatonal y la movilidad segura

A continuación, se describe la propuesta denominada *YoPeatón*, que surge del proyecto *De UPB peatonal a ciudad peatonal*, asociado al Programa de Construcción de Paz, del Foco Humanización y Cultura, de la UPB (9). La propuesta se fundamenta en una pedagogía empoderadora, como clave para que cada peatón sea artífice de su propia seguridad al transitar por el campus universitario de Laureles. Dicha propuesta tiene potencial innovación social por cuatro factores:

Figura 4. Red de vías y arterias principales de acceso a la UPB.



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

1. La forma de transmitir un mensaje pedagógico que promueva el empoderamiento peatonal, de tal forma que peatones y conductores conozcan sus deberes y derechos prácticos, no solo teóricos.
2. Que la institución provea un Sistema de Gestión de Quejas (SIGQ), como instrumento sociotecnológico articulado al concepto de ciudades inteligentes, en el cual cada peatón pueda reportar sus interacciones con los conductores y, en caso de irrespeto comprobado, el ente de control pueda tomar las medidas requeridas para mitigar tal situación de inseguridad en el futuro.
3. Que la comunidad universitaria se convierta en motor de transformación social y en un ejemplo de convivencia y movilidad segura, a pesar de estar inmersa en una sociedad en la cual estos factores aún no se desarrollan.
4. Que la institución contribuya de manera directa con el Plan de Desarrollo Nacional, a partir del fortalecimiento de la relación peatón-conductor, como forma de

generar cohesión ciudadana para la construcción de paz.

### Limitante a la movilidad segura

Una movilidad segura en aquellas instituciones educativas en las cuales circulan vehículos tiene varios componentes, uno fundamental resulta de las interacciones entre conductores y peatones. Dada la fragilidad del peatón, comparada con la fortaleza del vehículo, debe prevalecer un esquema de movilidad en el cual se dé prelación a la seguridad del peatón, tal como lo establece la ley (Ley 769, 2002). La movilidad segura no ha de depender de una actitud defensiva y sumisa del peatón. No es solamente la falta de incidentes mortales o incapacitantes, gracias a la agilidad y destreza del peatón, sino que, además, implica la vivencia de una movilidad libre de riesgos y temores. Entonces, el asunto pareciera ser simple: para garantizarle una movilidad segura al peatón, en aquellos puntos del territorio donde debe cruzar vías vehiculares, debería bastar con establecer pasos peatonales:

cebras, senderos, pompeyanos y plataformas únicas de uso mixto. Lo anterior dado que, a la luz de la ley, en dichos lugares el peatón tiene la prelación de cruce, no el conductor. Pero, en realidad, dicha ley no se cumple, ni en el territorio nacional ni al interior de nuestras instituciones. Es por ello por lo que, para el peatón, el paso peatonal no ofrece ninguna garantía adicional a la que ofrece cruzar la vía por cualquier otra parte, a riesgo propio. La pregunta resultante es, entonces, si la existencia de los pasos peatonales por sí sola no basta ¿Cómo garantizar el respeto a los peatones en los pasos peatonales, para así lograr una movilidad verdaderamente segura?

### Mitigación a la inseguridad en la movilidad mediante reductores de velocidad

En un estudio realizado en septiembre de 2017, en el campus de la sede central de la Universidad Pontificia Bolivariana (10), se analizaron cuatro pasos peatonales, con un protocolo de grabación utilizando una cámara de 360°, clasificando 321 interacciones entre peatones y conductores. La cámara se instaló a modo de observador neutral, es decir, no estaba escondida sino ubicada discretamente al lado del paso peatonal, de modo que no interfiriese con las interacciones entre peatones y vehículos. En la primera semana de la muestra, que se considera la línea base para el estudio, se obtuvo un Índice de Respeto al Peatón (IRP), por parte de los conductores, del 8,4 %, cifra lejana al ideal para garantizar una movilidad peatonal verdaderamente segura. Un objetivo de la propuesta *YoPeatón* es elevar dicho índice a valores cercanos al 100 %.

### Empoderamiento: conocer y actuar en pro del respeto a los derechos propios

Durante el estudio, en las situaciones de irrespeto de un conductor a un peatón, se observó, en general, la aceptación y pasividad del peatón, ante un hecho que se llega a considerar como normal, es decir, que el

conductor con su vehículo tome por fuerza la prelación en los pasos peatonales, a pesar de que los pasos peatonales y las bocacalles son porciones del territorio donde claramente la ley estipula la prelación para los peatones. Así pues, al violentarlos, un conductor comete un acto de agresión, genera un conflicto en dicho territorio, y usa la fuerza de su vehículo para arrebatar un derecho que no le corresponde, despojando al peatón de su seguridad en la movilidad. Razones para justificar dicha situación hay muchas (11): desconocimiento a la norma, que siempre ha sido así, cambiar algo ya establecido por la usanza puede ser peligroso, etc. Es por ello que *YoPeatón* propone el empoderamiento del peatón, entendido en dos dimensiones:

1. Una pedagogía para el conocimiento real de sus derechos y deberes.
2. La posibilidad de reclamar sus derechos al quejarse en caso de un irrespeto.

Combinando ambos elementos se fomentará una cultura de solución de los conflictos sin el uso de la fuerza, en otras palabras, se alimentará la creación de una cultura de paz positiva.

### Construcción de paz, y de seguridad en la movilidad, mediante pedagogía

Una de las dimensiones con potencial de innovación social, que se proponen en *YoPeatón*, es el de una pedagogía con una visión diferente a la tradicional.

Han existido múltiples y costosas campañas previas en pro del respeto en la vía, por la vida propia y por la del otro, enfocadas a disminuir la incidentalidad, es decir, evitar situaciones de riesgo que son prevenibles gracias al factor humano y que no son accidentales (12). Por ejemplo, en lo que respecta a Medellín, y particularmente al programa *Cultura vial y peatonal en mi barrio para la movilidad segura y ordenada en mi ciudad*, el costo para el municipio fue de \$ 5500 millones. (13).

En campañas previas, el elemento común es sugerir a los ciudadanos lo importante que es el respeto a la ley y a la vida, pero partiendo

del supuesto de que todos conocen sus deberes y derechos y que, por tanto, basta recordarlos velada e indirectamente, en los pocos segundos que dura un comercial radial o de TV. El resultado, una tasa de incidentalidad que no logra los objetivos trazados por la Asamblea de las Naciones Unidas (14).

El Instituto Nacional de Medicina Legal reporta, en el ámbito nacional, en el 2015, que la situación de seguridad en la movilidad deja alrededor de 7 000 víctimas mortales por año, de ellas un 26,5 % peatones (15). Solamente en Medellín, para el 2017, la cifra equivale a llenar con peatones dos aviones, como los del lamentable incidente del equipo de fútbol brasileño Chapecoence (16), y estrellarlos a muerte, uno cada semestre, cada vez por las mismas causas y sin hacer nada al respecto para el siguiente semestre, aparte de aceptar que es algo inevitable, normal, que volverá a repetirse de igual manera. Y, lo anterior, no incluye las víctimas con incapacidad permanente o parcial, el costo social asociado, ni los costos por el uso del sistema de salud ni por incapacidades laborales.

Por tal motivo, la propuesta *YoPeatón*, desde la Universidad es realizar una pedagogía que tenga elementos útiles para una futura aplicación en la ciudad. Dicha pedagogía consta inicialmente de dos fases, y se propone que sea clara y completa, que no parta del supuesto de que ya todos los conocen, sino que, precisamente, parta del supuesto contrario, es decir, que NO todos conocen los derechos y deberes de peatones y conductores (9).

En la primera fase se han encontrado reacciones, perfectamente esperables, al catalogarla el público como una pedagogía larga, densa, complicada y tediosa. Sin embargo, hay dos factores por los cuales se propone insistir en dicho curso de acción:

1. No tiene sentido seguir haciendo lo mismo de antes y esperar nuevos resultados.
2. Luego de cinco meses de dicha forma de pedagogía, el IRP subió de 8,4 % a 22,1 %, es decir, casi se triplicó el respeto al peatón y se incrementó, por tanto, la seguridad en la movilidad.

La primera fase pedagógica se caracterizó por no contemplar la posibilidad de sanción ante contravenciones a la norma. Consistió en poner a disposición de la comunidad un tutorial virtual, de aproximadamente una hora de duración, incluidas preguntas de autoevaluación. Adicionalmente, lo más relevante del tutorial fue condensado en un infográfico (ver Figura 5), el cual se distribuyó por los canales electrónicos internos de la institución, en repetidas ocasiones, también se expuso a través de pendones.

### La sanción como activador pedagógico

Filosóficamente, lo que propone lograrse mediante autorregulación social es diferente a lo que se logra con las llamadas “fotomultas” (17), en tanto que en la autoregulación no hay un ente de control que vigile al ciudadano, para ver si cumple o no una norma, al estilo *reality show*. En cambio, es la potencial víctima del irrespeto, el propio peatón, quien, en caso dado, instaura una queja en contra del conductor que le irrespetó. Entonces, se trata de aplicar la norma al servicio de la protección del derecho del peatón, no porque el ente de control vigile permanentemente a los ciudadanos para sancionarlos, sino gracias a que ellos mismos velan por sus propios derechos en el territorio. Lo que hace dicho ente es recibir y tramitar los reportes de los ciudadanos, mediante un Sistema Informático de Gestión de Quejas. Esto crea un canal pacífico y efectivo para la solución de conflictos peatón-conductor y solamente, de ser necesario, se llegaría a la aplicación de una sanción.

La segunda fase pedagógica apenas ha comenzado a la fecha de escritura de este documento, por lo cual no se dispone de resultados medibles. Dicha fase consiste en agregar un activador motivacional a los elementos de la fase uno. Dicho activador es la posibilidad de sanción a los conductores que sean reportados por un peatón a quien irrespete. Según la Resolución Rectoral General # 024 de 2018 (18), dicha sanción, en el campus sede central UPB, podrá ser la suspensión del privilegio de

Figura 5. Consejos para la movilidad segura.

## Únete a Soy YoPeatón UPB

De UPB peatonal a ciudad peatonal



**Universidad Pontificia Bolivariana**  
Acreditación Institucional ALTA CALIDAD - MULTICAMPUS  
EN LA MODALIDAD DE EDUCACIÓN EN LÍNEA EN 2017 Y 2018

### PEATÓN



**◆ Haz que te vean**  
Señala al paso peatonal y asegúrate de mostrar tu intención de pasar. Luego cruza con cuidado por si aparece algún vehículo de conductor distraído o irrespetuoso.



**◆ Muévete en tu zona**

- Evita caminar por ciclorutas o carriles vehiculares.
- Baja de la bici para disfrutar de las zonas peatonales.



**◆ Devuelve la buena acción**

Si somos muchos peatones, cédale el paso al conductor que respetuosamente esperó a que los primeros pasaran y ahora te solicita cruzar, luego si continúa.



**◆ Usa tu zona peatonal con prelación**

- Bocacalle: embocadura de una calle en una intersección, excepto en vías rápidas.
- Paso peatonal a nivel: cebra, sendero, pómpeyo y plataforma única de uso mixto

### CONDUCTOR



**◆ El peatón es tu semáforo**

- Detente si está esperando o cruzando.
- Cuidado si se está acercando.
- Avanza si ya cruzó y está a salvo.



**◆ Respeta al peatón en su zona**

Si el peatón está en la zona de paso autorizada, detén tu vehículo y avísale amablemente que puede pasar sin riesgo.



**◆ Sé paciente**

Algunos peatones tienen condiciones especiales y tardan un poco más en cruzar. Considérelas el tiempo necesario.



**◆ Muévete con calma**

- No manejes en contravía.
- Evita adelantarte antes y durante un paso peatonal.



- No te detengas en un paso peatonal, manten 1 m de distancia.



Fortalece tu experiencia en nuestro tutorial y únete al ritmo YoPeatón UPB. Ingresá a:

[www.upb.edu.co/es/yopeaton](http://www.upb.edu.co/es/yopeaton)



Formación Integral para la transformación social y humana

www.upb.edu.co

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana.

ingreso del vehículo del infractor hasta por 15 días (18). Es importante, en esta parte del proyecto, aclarar a la comunidad que no se trata de la típica sanción de cobro coactivo a la cual se está acostumbrados con las fotomultas. Se trata de una sanción pedagógica, que transmite los siguientes mensajes al infractor:

- Se infringió una norma y, al hacerlo, se irrespetó a un peatón, quién se quejó en pleno derecho, aportando pruebas irrefutables del hecho. Este tipo de acciones

ponen en riesgo a los compañeros bolivarianos peatones, por ello el impedimento a ingresar nuevamente el vehículo, por un tiempo.

- Si es la primera vez, la sanción podrá ser suspendida si el infractor cursa y aprueba el tutorial gratuito que se le ofrece.
- Pero, si se insiste reiterativamente en causar situaciones de peligro para los peatones, la sanción se incrementará y no se podrá ingresar en vehículo definitivamente a

las instalaciones de la Universidad, pues el infractor utiliza su vehículo para generar conflictos y atentar contra la movilidad segura.

Una vez dicha posibilidad de sanción haya sido ampliamente difundida, al tiempo que se sigue invitando a la comunidad a conocer el infográfico (ver Figura 5) y a realizar el tutorial (ver código QR en el infográfico de la Figura 5), se espera que haya un aumento significativo en el valor actual de IRP, es decir, que se pueda hablar de movilidad segura, donde el peatón pueda circular sin riesgos por los pasos peatonales y las bocacalles dentro de la institución.

### Sistema Informático de Gestión de Quejas para el empoderamiento

El Sistema Informático de Gestión de Quejas (SIGQ) es un conjunto que funciona mediante un aplicativo móvil (app), una base de datos y un aplicativo web.

La app se pondrá a disposición del peatón, de modo que le sirva de herramienta, si libremente decide utilizarla, para reportar al ente de control el resultado de sus interacciones con conductores en los pasos peatonales y bocacalles de la institución. Para usarla, el peatón debe activarla en su dispositivo móvil antes de llegar al paso peatonal. Al activarse, la app captura la georreferenciación, la fecha y hora, y comienza una grabación de video de baja tasa de datos con alta calidad de imagen. Una vez en el paso peatonal, el peatón apunta su cámara a la placa de los vehículos entrantes a dicho paso. En caso de no ser respetado, sigue con su cámara la placa del vehículo saliente. En ningún momento el peatón se concentrará en la filmación, porque su prioridad es su propio cruce seguro de la vía. Al terminar de cruzar, el usuario de la app calificará su experiencia como de “irrespeto” o de “respeto”. Dicha experiencia será enviada por la app a una base de datos y allí analizada, mediante un aplicativo web, por el ente de control. Lo innovador de este proceso radica en que, mediante la app, se empodera al peatón para que:

- Monitoree sus interacciones con conductores y las evalúe.
- Si el peatón sigue las indicaciones al utilizar la app, la prueba capturada tendrá mérito probatorio y, por tanto, podrá ser utilizada por el ente de control para aplicar las medidas a que haya lugar, en aras de preservar y aumentar la movilidad segura dentro del territorio que controla.
- La cadena de custodia de la prueba capturada se garantiza automáticamente. El video de la interacción no queda de su propiedad, sino que es enviado a una base de datos para análisis exclusivo por parte del ente de control, es decir, el usuario no tiene posibilidad de editar, ver ni reenviar a terceros.

### Pégate al ritmo *YoPeatón UPB*

A futuro, una vez se consiga el presupuesto para ello, se planea mejorar aún más la campaña pedagógica, con una tercera fase. La campaña ha sido planeada por un publicista experto y se fundamenta en que a todos nos gusta la música. El nombre de la campaña es *Pégate al ritmo YoPeatón UPB*. Incluye crear un ritmo para el peatón UPB, y rehacer las piezas y cápsulas pedagógicas, así como el tutorial, alrededor de dicho ritmo. Por ejemplo, para explicar cómo usar una cebra peatonal correctamente, un/a artista reconocido/a realizaría una cápsula de video, cantando/tocando y mostrando, mientras tanto, la forma correcta de interacción entre peatones y conductores en dicha cebrá; aparte, otro artista o personaje famoso haría lo propio, pero con las bocacalles, otro con los pompeyanos, otro con las plataformas únicas de uso mixto, etc. En particular, esta forma de pedagogía, a modo de *micro-learning*, se espera que sea de alta aceptación por el público joven, incluyendo a los niños (9).

### Simulación social de estrategias para el cambio acelerado de conducta

El cambio de conducta de los conductores, en lo referente al respeto al peatón en los

pasos peatonales, puede estudiarse desde la ingeniería con modelos de simulación. Estos explican cómo la imitación, la educación y el potencial de sanción influyen en la toma de decisiones. Se utilizó la técnica de Dinámica de Sistemas, para modelizar escenarios que representen los efectos en sociedad del empoderamiento ciudadano, a través del uso de un SIGQ, y se introdujo el IRP como una métrica del estado social del respeto al peatón. El modelo permite evaluar los retardos asociados a la asimilación de las iniciativas peda-

gógicas y sancionatorias, y su efecto relativo, para lograr que se generalizara un cambio de conducta. Al evaluar diferentes escenarios, se pueden detectar tanto puntos débiles como otros de apalancamiento, y así maximizar las posibilidades de éxito de la iniciativa en el mundo real. Este tipo de estudios facilita la toma de decisiones administrativas y son una forma de comprender cómo puede funcionar la autorregulación social para contribuir a la transformación de la sociedad en una más humana y pacífica.

## Referencias

1. Universidad Pontificia Bolivariana. Identidad y principios. Medellín: UPB; 2017.
2. Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Estadísticas. Medellín: UPB; 2017.
3. Programa de Administración y Control Operativo (PACO) y Base de datos SQL server - Continuum del servidor 10.57.0.17, con el parámetro del día 10 de mayo de 2018.
4. Universidad Pontificia Bolivariana. Plan estratégico de seguridad vial (PESV) 2017. Medellín: UPB; 2017.
5. Universidad Pontificia Bolivariana. Acuerdo del Concejo General Directivo -011/2016. Medellín: UPB; 2016.
6. Resolución 1565 de 2014. Bogotá: Ministerio de Transporte, (6 de junio de 2014).
7. Universidad Pontificia Bolivariana. Resolución Rectoral General No. 77 de julio 29 de 2016: Medellín: UPB; 2016.
8. Resolución 1384 de 2010. Bogotá: Ministerio de Transporte, (20 de abril de 2010).
9. Ley 769 de 2002. Bogotá: Código Nacional de Tránsito, (6 de agosto de 2002).
10. Universidad Pontificia Bolivariana. Foco Humanización y Cultura de la Universidad Pontificia Bolivariana. Programa de Construcción de Paz. Yo Peadón: Movilidad Segura. Medellín: UPB; 2017.
11. Fonseca D. 235 405 infracciones de tránsito se han registrado en 2018 en Medellín. El Mundo [Internet]. 24 de mayo de 2018 [citado 6 de septiembre de 2018]; Movilidad. Disponible en: <http://www.elmundo.com/noticia/235-405-infracciones-de-transito-se-han-registrado-en-2018-en-Medellin/371466>
12. Espinosa López, A., Cabrera Arana, G., & Velásquez Osorio, N. (2015). Epidemiología de incidentes viales Medellín-Colombia, 2010-2015. Revista de Facultad Nacional de Salud Pública, 35(1), 7-15.
13. Universidad Pontificia Bolivariana. Plan de movilidad empresarial sostenible (MES). Medellín: UPB. 2017.
14. Medellín. Alcaldía. Plan operativo anual de inversiones 2017. Programa Cultura vial y peatonal en mi barrio para la movilidad segura y ordenada en mi ciudad. Medellín: Alcaldía de Medellín; 2017.
15. Cárcamo Londoño Y. Consecuencias sociales de los incidentes viales en la ciudad de Medellín 2015. Medellín: Universidad de Antioquia; 2017.
16. Isaza M. 71 muertos deja accidente del avión del Chapecoense. El colombiano [Internet]. 29 de noviembre de 2016 [citado 6 de septiembre de 2018]; Antioquia. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/antioquia/accidente-de-chapecoense-en-antioquia-colombia-LF5465782>
17. Medellín. Alcaldía. SIMM: Cámaras de foto detección [Internet]. Medellín: Secretaría de Movilidad; 2013 [citado 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: de Medellín: <https://www.medellin.gov.co/simm/fotodeteccion>
18. Universidad Pontificia Bolivariana. Resolución Rectoral General No. 024 de 2018. Medellín: UPB; 2018.

# An Approximation to the Construction of Pedestrian Smart Cities

Manuel J. Betancur  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y  
Electrónica  
Universidad Pontificia  
Bolivariana  
Medellín, Colombia  
manuel.betancur@upb.edu.co

Valentín Restrepo  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y  
Electrónica  
Universidad Pontificia  
Bolivariana  
Medellín, Colombia  
josev.restrepo@upb.edu.co

Jairo J. Pérez  
Doctorado en Ingeniería  
Universidad Pontificia  
Bolivariana  
Medellín, Colombia  
jairojose.perez@upb.edu.co

Julian A. Restrepo  
Maestría en Ingeniería  
Universidad Pontificia  
Bolivariana  
Medellín, Colombia  
julian.restrepoh@upb.edu.co

Andrés Agudelo  
ALSEV  
Agencia Latinoamericana de  
Seguridad Vial  
Medellín, Colombia  
andres.agudelo.ospina@hotmail.com

Diego Cuartas-Ramírez  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y  
Electrónica  
Universidad Pontificia  
Bolivariana  
Medellín, Colombia  
diego.cuartas@upb.edu.co

**Abstract**—For many years, social participation has been pointed out as the main component of smart cities and a key to regulating society in terms of mobility. In this work, we present a social metric for the level of law compliance from drivers regarding pedestrians, at permitted crossings, the Index of Respect to Pedestrians Priority (IRPP), and propose a Pedestrian Report Management System (PeReMaS), based on a mobile app, to increase IRPP value over time. The system is tested in a university campus. A sociocybernetic analysis was performed, to assess the potential of the PeReMaS. Results have shown that social progress, concerning the level of traffic law compliance towards pedestrians, could be measured in terms of IRPP. Also, the PeReMaS empowers pedestrians, and this seems to influence positively the behavior of car drivers. These findings suggest this is an approach worth considering in the evolution of pedestrian smart cities.

**Keywords**—Driver-Pedestrian Interactions, ICT, Mobile app, Smart Mobility, Social Control, Traffic Control.

## I. INTRODUCTION

Traffic Incidental (T.I.) is a limiting variable of social development and human welfare. It is a key dimension in human mobility and a priority problem in global public health [1][2]. Pedestrian Incidental (P.I.), a component of T.I., is considered a growing pandemic in current societies [3][4][5][6][7][8][9]. It is a product of the deterioration of citizenship in driver-pedestrian interactions [10]. An incident is a preventable situation, not like an accident, which is not. Hence, P.I. can be avoided, particularly when it results from the transgression of mobility norms. Such transgressions are linked to behavioral

processes connected to poor control and deficient Road Safety Education [11][12][13][14][15][16][17] [18][19][20][21][22]. Until now, social participation has not been studied as a mechanism for legitimizing the rules related to pedestrian crossings [11].

Every day, pedestrians die in the world because of collisions with vehicles [2]. The deaths that occurred by P.I. are only the tip of an iceberg, since there is a complicated mixture of cognitive, perceptual and psychomotor tasks that cause them [5][12][13]. Aspects of the personality, which cause unfortunate events in pedestrian crossings, consist of behavior, habits, preferences, styles and negative attitudes [14]. Unfortunately, they are increasingly accepted in society and their modification, control, and monitoring are complex.

Despite the comprehensive approaches of governments to solve P.I., negative behavior hinders social development. In general, it is accepted that, within the mentioned aspects, thoughts modulate habits, preferences, and attitudes, and these, in turn, are materialized in behaviors and styles replicated in society [15][16]. The latter, described by the Behavioural Economics as social norms [17], influence a decisional process, which occurs in the driver-pedestrian interaction, and which is linked to negative characteristics or dimensions such as: anxiety, impulsivity, non-altruism, aggressiveness, hostility, risk, need for high speed, anger, dissociation with reality and / or disrespect for other road actors, all of which hinder learning and development of social and civic skills [18][19][20].

Road safety codes promote the respect to pedestrian when they walk through pedestrian crossings. No index has been reported in the literature concerning the measure of such respect. The present work proposes the introduction of such a social metric, useful to quantify changes in human behavior in

pedestrian-driver interactions. Additionally, we tested a Pedestrian Report Management System (PeReMaS), based on a mobile app, which allows pedestrian empowerment and participation, as a mechanism of social control.

## II. BACKGROUND

### A. Human Security

From the best of our knowledge, there is no social metric that allows identifying or estimating the level of respect in driver-pedestrian interactions. Traditional methods of state measurement or operationalization processes depend exclusively on the number of injured and fatal victims; in some cases, its calculation is part of infrastructure variables and means of transport [21][22][23]. Therefore, it is not possible to state that drivers' behavior has changed in terms of pedestrian respect, as there are no metrics [24][25][26].

The mobility operationalization in Colombia is a central aspect of social reality, both for research in social sciences in the country, and for decision-making in public policy. However, despite the importance of this debate, the majority of state and non-state agencies that collect information on mobility in Colombia have not given sufficient importance to the pedestrian mobility for capturing and interpreting information [24][28].

Regarding the human security perception, in the case of Colombia, indicators of insecurity centered on the person are available, which are synthesized through the construction of the Index of Human Insecurity. It is composed of two sub-indices, taking into account different dimensions of human insecurity: Crime Index and Armed Conflict Index [24].

### B. Pedestrian Indexes

The pedestrian indexes have been widely studied from infrastructure and urbanism as walkableness. Maghelal & Capp [22] conducted a literature review and found 25 types of pedestrian indexes, revised according to the scale of measurement, type of data, source, list of variables, and physical constructions, to improve concepts of city planning and health.

The Pedestrian Environmental Quality Index (PEQI) is a quantitative observation tool that was originally developed in 2008 by the San Francisco Department of Public Health to assess the quality and safety of the pedestrian physical environment and inform pedestrian planning needs. Beyond attending planning, PEQI auxiliaries can help to build social capital and political visibility for neighborhoods. The PEQI has two survey forms and collects data in six categories: intersection security, traffic, street design, land use, perceived security and mobility perception [21].

Pérez López et al. [30] propose a Crosswalk Safety Index (ISCP) on primary roads in Mexico City to qualify trafficked crosswalks and contrast the ISCP with traffic facts to prove, empirically, if there is an association between the quality of the crossings and the incident rate. The authors indicate that the analysis showed with relative success the relationship between some of the variables (criteria) that make up the ISCP with the transit events. In many cases, this shows theoretical coherence; however, in others, open research questions remains.

### C. Social Participation

Social control rejects, communicates, denounces and condemns social attitudes, and road behaviors prone to favor road incidents [11]. Active participation has been described as an instrument of prevention of the P.I., and a mechanism of active socialization of the members of the community, resulting in citizen empowerment.

In Colombia, as in the rest of the world, numerous web sites exist that promote activism, resistance, and citizen participation through campaigns; nowadays, from our understanding, self-regulating human pedestrian safety mechanisms have not been developed and implemented.

To generate effective participation of the population, it must be conceived as a process that accompanies and coordinates with the development of a project, and that needs to be planned to be useful in terms of feedback and formulation of public policies. In Colombia, the lack of response on the part of the traffic agents to the infraction C32 [31], which corresponds to not recognizing the priority to pedestrians in pedestrian crossings, has resulted in the lack of social order, demanding, from the perspective of functionalism, the participation of individuals to stimulate actions specific to the Ministry of Mobility [32]. Therefore, interventions that empower pedestrians of their rights and motivate drivers to remember their duties when driving, which would eventually converge to the good use of pedestrian crossings, are required.

### D. Use of Technology

Technology alone has been insufficient to achieve changes in driver behavior. It is evident that government efforts have not been able to legitimize existing pro-pedestrian regulations, resulting in many road victims exceeding the goals established in government plans and programs.

No results were found of a system or technological platform that was a usable means for social disapproval and potentially linked to a control entity to monitor driver disrespect in pedestrian crossings. Below, some apps used for related mobility issues are described.

The Mayor's Office of Medellín Colombia launched in 2015 an application that allows users to receive alerts when photo-detections are registered. It was called the App Fotodetección (In English: Photodetection App), and it was developed as an initiative to offer more interaction and information channels to drivers and the public [31]. Similarly, in Cali, the Ministry of Mobility launched a mobile application to report accidents and consult fines. It was designed for users to access services and traffic information, fines or mobility reports; additionally, it allows reporting traffic accidents, through photographs, to the control agency [32].

In 2016, in Puerto Rico, TransitoPR was launched, a mobile application that allows obtaining service alert information, filtering transit data by areas and sending comments and/or suggestions to the Transit Team about the service [33]. In June 2016, a mobile application called Citizen Inspector was developed in Panama, developed by the Government Innovation Authority, the Transit and Land Transportation Authority and the National Secretary of Disability that allows citizens to report some infractions and issue traffic alerts. Some of the reported

complaints are unsafe public transport, badly parked vehicles and the use of parking spaces for people with disabilities [34]. The National Transit Agency of Ecuador implemented a mobile application called 'Pioneer' that allows recording in real-time the operations carried out on the roads, with photographs and geographical location of the event. Additionally, it generates alerts for those vehicles or registered persons that maintain some type of irregularity with the Law, since it is interconnected with the Integrated Information System of the National Police of Ecuador [35].

In the rest of the world, apps that focus mainly on reporting anonymously were identified: parking in non-permitted places, improper use of roads, infrastructure damage, violations of the law, obstruction of pedestrian crossings and "traffic violations" [36][37][38][39][40].

#### E. In the Road to a Pedestrian Smart City

Each country has its own Road Code, which recognizes the priority of pedestrians in specific places, but drivers do not always respect these regulations, and such a level of respect can change significantly in different cultures and can also evolve.

This work took place in the Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. An alpha test of the YoPeatón (in English: IPedestrian) initiative was implemented in 2018. Understanding that a Smart City is not constructed by the use of mere applications of ICT, but with the empowerment of social participation to cohere and actively support decision making. YoPeatón's first stage was for Road Safety Education in the driver-pedestrian interaction. The strategy included, among others, the development of a virtual tutorial, of approximately one-hour duration, explaining the rights and duties of drivers and pedestrians on the road. Also, raising awareness of the community through banners, social media interventions and "Safe driving commitment" cards.

The author hypothesizes is that road safety education alone is not enough, so YoPeatón introduced also a technology-based empowerment tool, to accelerate changes on drivers' behavior.

### III. MATERIALS AND METHODS

Three steps were followed. In the first place, a metric of respect from the driver to the pedestrian, based on local traffic regulations was formulated; secondly, the development and test of a Pedestrian Report Management System, consisting of a mobile application, a web application, and a database was carried out; finally, data from 360° camera was collected in order to perform a differential analysis on the Index of Respect of Pedestrian Priority (IRPP), and it was compared to the results of a survey on perception of people about respect to pedestrian rights inside the campus of UPB.

#### A. Index of Respect of Pedestrian Priority (IRPP)

The National Traffic Code of Colombia (Law 769 of 2002), where the government sets duties for drivers regarding pedestrians, particularly in pedestrian crossings, intersections and other pedestrian designated areas, says in Article 105 that (in Spanish), "The presence of pedestrians on the roads, and areas designed for them, will grant them priority, except on railways, highways, and arterial roads." Besides, Article 131 describes the infraction C32 as (in Spanish) "Not respecting the

passage of pedestrians crossing a road in a place allowed for them or not giving them priority in the strips established for that purpose."

The IRPP calculation corresponds to a process of operationalization, following current regulations, including the following factors that affect human security in pedestrian-driver interactions while the pedestrian is in or at a pedestrian crossing:

- Ignoring pedestrian priority.
- Speeding.
- Improper parking.
- Dangerous maneuvering.

Authors propose that a normalized number that recognizes such factors from the interactions could be considered as a way of estimating the level of compliance of drivers, so its evolution over time can give an idea of whether or not an intervention carried out in a society has an effect on the compliance of traffic rules regarding pedestrian safety. The proposed index is

$$IRPP = \frac{n_{dp}}{n_{dp} + n'_{dp}} \quad (1)$$

where  $n_{dp}$  is, for a given sample, the number of interactions between pedestrians and drivers in which the driver abided law and, therefore, respected pedestrian rights; On the contrary,  $n'_{dp}$  is the number of interactions in which the driver did not abide regulations and, therefore, did not respect pedestrian rights.

All factors and dynamics from each interaction were analyzed from videos in a Differential Analysis in time, and then IRPP was calculated using (1).

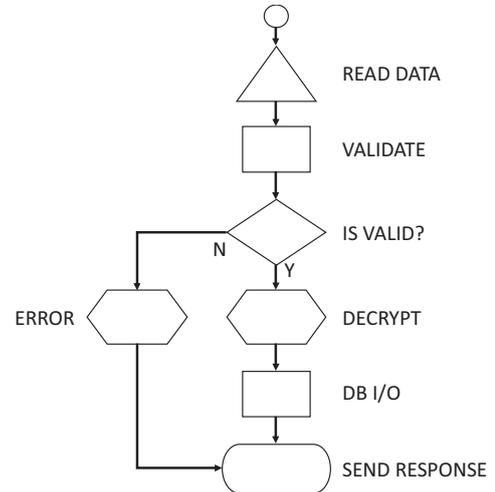


Fig. 1. PeReMaS flowchart

#### B. Pedestrian Report Management System (PeReMaS)

Three applications were developed to allow the pedestrians to record incidents or violations to their rights on the street. The first application is a Web-Based interface, which allows the administrators of the system to analyze each record received. The second application is a database service written in PHP,

which connects it to the internet. The third is a Mobile app that can record a video of pedestrian-driver interactions and add the necessary metadata to it and send it for processing.

### 1) Database service.

The database was developed using MariaDB. Many tables were configured to receive each report a user sends after being accepted and registered. One table holds the video information associated with the user and the processing state of the report. Another table holds the georeferenced information of each record. One database table holds the different comments from the user and the administrators associated with each record. Other tables control the system and its in-workings.

Each report has a different state. It is a code, which identifies the different stages and outcomes a report can reach during and after being processed by the administrators of the system. Every received report starts with a received state. The last states describe the outcome of a case. E.g., a case can generate a sanction or just close without any outcome.

The access to the database was created using different PHP scripts with SESSION variables and other types of security measures. These scripts are accessed via the app and the Web Application. Each script is composed of three different parts. The first part is where all the user, version and system validations are made. The second part decrypts and verifies the received information for completeness. Finally, in the last step, the different records in the database are read, written and/or updated according to the executed script.

### 2) Web Interface

The web interface is a series of HTML pages combined with PHP and JS. This application lets the system's administrators list all the reports, filtered by a condition, after login. When a report is selected, the user can view the detailed information contained in it. There, the information can be analyzed, updated and classified according to what it contains. The operation of the web interface is limited to the campus and cannot be accessed from the outside.

### 3) Mobile app

The app, independent from the platform, has to meet some strict requirements: any information (video, audio or photo) captured cannot be altered. Then, the access to this information must remain private. Other requirements are the location information, which has to be precise, and the use of WIFI-only access inside the University Campus. Due to these requirements, full native tools were used for the app development in each platform. For Android™, Android Studio was used. For iOS™, XCode Tools was used. The PeReMaS flowchart is shown in Fig. 1.

Location is especially conflicting in the app. Videos that were taken outside of the authorized location, in this case, the University campus, must be deleted. Geofences are used to verify the location. A position must be acquired before the video recording finishes. If the GPS in the phone is not fast enough or the signal is not strong, the final location of the video could be wrong which is not adequate. Also, Android phones have different levels of accuracy in their GPS. The highest level of

accuracy is required, but usually, it is not selected by default. The app data flow chart is presented in Fig. 2.

When the user opens the app, he can be directed immediately to the camera or the file list. If he selects the file list, the camera can be opened from the file list pressing a floating button. Only videos or pictures taken from this app are saved and reported. Videos recorded using other apps are not accepted. After the user records a video, a comment option screen appears for the user to add any additional information. At the same time, date, time and location information is recorded and saved as metadata. Finally, the video is added to the list of reports not submitted by the app.

If the user is logged in the platform, the synchronization option appears in the file list. This process sends each report to the database using the available web service. Each transmission is verified for errors or problems in the process. After a report is transmitted successfully, the app deletes the video and all the metadata from the private storage. Later, the user can see the current state of his report on his screen under the *sent reports* options.

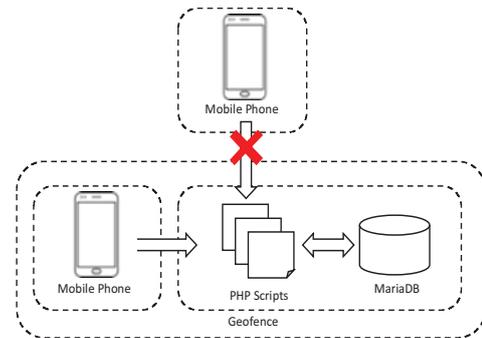


Fig. 2. YoPeatón app Data flowchart

### C. Differential IPPD Analysis

To evaluate progress in applying the initiative YoPeatón, weekly IRPP measurements were taken at 5 different times, with the following protocol: four sampling locations were chosen on the campus, where there is frequent interaction between pedestrians and drivers. At each sampling point, a video recording was filmed for 30 minutes for three days using a Samsung Gear 360° camera. The hours of filming were chosen between classes, when the pedestrian flow was greater, so the probability of pedestrian-driver interaction was greater. 30 minutes were chosen for filming because classes end 15 minutes before an even hour and students enter class up to 15 minutes after starting. All videos were analyzed and processed using the Action Director software tool. Data from the interaction was then quantified according to the factors: not recognizing pedestrian priority, speeding, improper parking, and dangerous maneuvering. With this information, the IRPP was calculated for each chosen week. The details of the sampling are presented in TABLE I.

The first sample was taken in September 2017 and was used as a baseline to compare results of the implementation of actions of education, diffusion and the first test of the PeReMaS on campus. For that sample, there were no previous initiatives

within the campus regarding respect for pedestrians; the second sample was taken in April 2018, four weeks after the education campaign was started; the third sample was recorded in August 2018. Displays were showing the information about respect for pedestrians in the parking paying machines, a web page, e-mails, e-news, a free virtual tutorial, and, finally, the alpha test of the app started; fourth sample was taken on September 2018. For this sample, the diffusion campaign included also the pedestrian entrances of the campus; the last sample was taken in October 2018, when the alpha test of the app finished and no new diffusion strategies were launched.

Along with the alpha test of the App, and as a media to influence the drivers' behavior, a set of educational fines were implemented on the campus, with the support from the directives of the institution. These kinds of fines are about not letting the driver who infringed any pro-pedestrian norm to enter with her car to the campus until they successfully studied the virtual tutorial developed in the project. Besides, if there is any background for this driver on the pro-pedestrian norm infringement, the time assigned for not entering the car to the campus may rise.

TABLE I. DATA SAMPLING

Sample	Recording Dates	Number of videos
1	Sept 20, 21, 26. 2017	12
2	Apr 3, 4, 5. 2018	12
3	Aug 15, 16, 21. 2018	12
4	Sept 4, 5, 6. 2018	12
5	Oct 2, 3, 4. 2018	12

To compare the results of the analysis of the videos taken by the 360° camera, with the results from the alpha test of the PeReMaS and the perception of the community on the campus, three IRDP were calculated: IRDP, app IRDP, and Perceived IRDP. IRDP was already described. app IRDP is the IRDP calculated with the PeReMaS data. Besides, Perceived IRDP comes from a survey to the community.

#### IV. DISCUSSION

The IRPP, app IRPP and Perceived IRPP are presented in TABLE II. Results show that there is a significant change in the IRPP after the app was launched, representing an improvement of 25% concerning the baseline, while the Perceived IRPP changed positively in 32%. This suggest that the mobility system is susceptible of regulation by a feedback mechanism, i.e. the use of the app by pedestrians and de PeReMaS.

The app IRPP is higher than the IRPP, maybe due to the active presence of a cellphone camera in the PeReMaS data, visible by the driver, in contrast to the 360° camera data, where the camera is a passive element and, in many cases, may not be detected by car drivers. This phenomenon is known as heteronomous behavior. However, before concluding about PeReMaS effectivity, more sociocybernetic analyses are required.

Finally, the IRPP goes unexpectedly down in sample 3 and up again in sample 5. This may be due to the initial phase of the Hype Cycle, which occurs when a new technology is introduced into society. The cycle explains that when a new technology is

launched, an over-dimensioned enthusiasm appears, followed by a wave of disappointment.

TABLE II. IRPP

Sample	IRPP	app IRPP	Perceived IRPP
1	0.36	-	0.59
3	0.17		0.67
5	0.45	0.65	0.78

#### V. CONCLUSION

An index to measure the drivers' compliance level of traffic pro-pedestrian law, including qualitative factors with no economic basis and civil participation, was created and measured in three different ways.

Differential analysis carried out through time showed that education combined with ICT tools that empower pedestrians help to improve the Index of Respect to Pedestrian Priority (IRPP).

An ICT system for the measurement of the IRPP was presented and tested on a university campus. The presence of pedestrian cameras in their mobile devices seems to influence the behavior of car drivers in a positive way when interacting with pedestrians, by creating a feedback regulatory loop in the mobility system.

#### VI. FUTURE WORK

IRPP, app IRPP, and Perceived IRPP could be combined to obtain a social metric. Studies must be performed towards the standardization of the operationalization process.

The PeReMaS could include an Artificial Intelligence system to automatic analyze the reports from the pedestrians and speed up the information process.

#### REFERENCES

- [1] G. Cabrera y N. Velásquez, «Década de Acción en Seguridad Vial - DASV», vol. 17, n.o 1, 2015.
- [2] S. Deb, L. Strawderman, J. DuBien, B. Smith, D. W. Carruth, y T. M. Garrison, «Evaluating pedestrian behavior at crosswalks: Validation of a pedestrian behavior questionnaire for the U.S. population», *Accident Analysis and Prevention*, vol. 106, n.o May, pp. 191-201, 2017.
- [3] R. Martínez Arango, «Chocar en una moto a 80 km/h equivale a caer de un octavo piso», *El Colombiano*, pp. 2-5, 2016.
- [4] M. Ángel De Dios, «Aspectos jurídicos de la culpa exclusiva de la víctima en los accidentes de circulación», *Revista de Responsabilidad Civil, Circulación y Seguro*, vol. 48, n.o 10, pp. 6-28, 2012.
- [5] Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, «Forensis 2016. Datos para la vida», *Forensis*, n.o 1, p. 649, 2017.
- [6] F. J. Álvarez González, «Farmacocinética o comportamiento del alcohol en el organismo», *Cuaderno didáctico sobre educación vial y salud*, pp. 72-77, 2004.
- [7] Asociación Española de la Carretera, E. de la Peña, E. Millares, L. Díaz, A. Taddia, y C. Bustamante, «Experiencias De Éxito En Seguridad Vial En América Latina Y El Caribe», Banco Interamericano de Desarrollo, 2016.
- [8] CEPAL, «Experiencias internacionales en campañas integrales y efectivas de seguridad vial», 2011.
- [9] Fondo de Prevención Vial, «Cultura Ciudadana y Transformación de Ciudad», Cali, 2012.
- [10] L. Castrillón López, *Ciudadanos, cultura, sociedad y política*, Second Ed. Medellín, 2012.

- [11] R. Torres, «intervención social y seguridad vial», Praxis sociológica, vol. 10, pp. 235-249, 2006.
- [12] C. Alonso, Francisco; Calatayud y B. ;Montoro, Luis; Alamar, Los jóvenes en el tráfico: circunstancias culturales, sociales y psicológicas, n.o October 2004.
- [13] L. Dorn, «Driver behaviour and training», vol. 3, n.o March 2008, 2015.
- [14] D. de tránsito y transporte dirección de Investigación Criminal, «Caracterización de la Accidentalidad en Colombia: Análisis del Fenómeno desde el Estudio del Factor Humano», Observatorio del delito Dirección de Tránsito y Transporte, n.o 1, 2015.
- [15] A. Bucchi, C. Sangiorgi, y V. Vignali, «Traffic Psychology and Driver Behavior», Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 53, pp. 972-979, 2012.
- [16] R. Petty y J. Cacioppo, Attitudes and persuasion: Classic and contemporary approaches, vol. 91. 2018.
- [17] P. Dolan, M. Hallsworth, D. Halpern, D. King, y I. Vlaev, «Influencing behaviour through public policy», pp. 1-23, 2014.
- [18] D. Marengo, M. Settanni, y G. Vidotto, «Drivers' subtypes in a sample of Italian adolescents: Relationship between personality measures and driving behaviors», Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 15, n.o 5, pp. 480-490, 2012.
- [19] J. Gutierrez, Ó. W. Martinez, y M. Lobos, El comportamiento agresivo al conducir, 1.a ed. El Salvador: Tecnoimpresos, S.A, 2017.
- [20] N. Durán y N. Moreno, «Personalidad e infracciones frecuentes de normas de tránsito», Diversitas, vol. 12, n.o 1, p. 123, 2016.
- [21] F. Peiravian, S. Derrible, y F. Ijaz, «Development and application of the Pedestrian Environment Index (PEI)», Journal of Transport Geography, vol. 39, pp. 73-84, 2014.
- [22] P. Maghelal y C. Capp, «Walkability: A Review of Existing Pedestrian Indices.», Journal of the Urban & Regional ..., n.o January 2011, pp. 5-20, 2011.
- [23] D. L. Carter, W. W. Hunter, C. V. Zegeer, R. J. Stewart, y H. F. Huang, «Pedestrian and bicyclist intersection safety indices», n.o April, pp. 1-99, 2007.
- [24] S. Granada, J. a. Restrepo, y C. S. Meertens, Guerra y violencias en Colombia. 2009.
- [25] Departamento nacional de planeación, Una aproximación a la vulnerabilidad, Lucía Mina. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación, 2007.
- [26] Departamento Nacional de Estadística, Metodología General. Encuesta de Convivencia y Seguridad Ciudadana (ECSC). Bogotá, 2017.
- [27] M. E. Porter, S. Stern, y M. Green, «Social Progress Index 2015: Executive Summary», Social Progress Imperative, p. 153, 2015.
- [28] E. A. Vasconcellos y A. Mendonça, «Observatorio de Movilidad Urbana: informe 2015-2016 (Resumen Ejecutivo)», p. 35, 2017.
- [29] N. Abdul Ghani, M. Z. Hussein, y S. Mokhtar, «Incorporating pedestrian index into googlemaps», Planning Malaysia Journal: Geospatial analysis in urban planning, vol. 2, pp. 119-136, 2013.
- [30] R. Pérez López et al., «Propuesta de un índice de seguridad de cruces peatonales para la Ciudad de México Investigación original», Pan American Journal of Public Health, pp. 1-9, 2019.
- [31] Ministerio de Transporte de Colombia, Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas. 2016.
- [32] Caracol Noticias, "Lanzan aplicación móvil en Cali para reportar accidentes y consultar multas," Caracol noticias, 28 08 2015. [Online]. Available: <http://noticias.caracoltv.com/cali/transito-cali-estrena-aplicacion-para-telefonos-moviles>. [Accessed 06 02 2017].
- [33] Oficina nacional de tránsito de Puerto Rico, "Aplicaciones Móvil de TransitoPR," TransitoPRNet Inc, 03 07 2014. [Online]. Available: <http://www.eltransitopr.com/portalservices/AplicacionMovil.aspx>. [Accessed 15 02 2017].
- [34] I. Rodríguez Reyes, "Lanzan Inspector Ciudadano, nueva aplicación para reportar infracciones de tránsito en Panamá," Telemetro, 15 06 2016. [Online]. Available: [http://www.telemetro.com/nacionales/Lanzan-Inspector-Ciudadano-infracciones-Panama\\_0\\_926308205.html](http://www.telemetro.com/nacionales/Lanzan-Inspector-Ciudadano-infracciones-Panama_0_926308205.html). [Accessed 03 02 2017].
- [35] Diario el Telegrafo, "Una aplicación celular se suma a estrategias para la seguridad vial," El Telegrafo, 05 08 2016. [Online]. Available: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/13/una-aplicacion-celular-se-suma-a-estrategias-para-la-seguridad-vial>. [Accessed 20 01 2017].
- [36] Kojects, "Reporting Illegally Parked Cars in Korea," 1 06 2015. [Online]. Available: <https://kojects.com/2015/06/01/reporting-illegally-parked-cars-in-korea/>. [Accessed 05 02 2017].
- [37] Qatar Living, "Report traffic violators to ministry using phone app," 2014. [Online]. Available: <http://www.qatarliving.com/forum/news/posts/report-traffic-violators-ministry-using-phone-app>. [Accessed 03 11 2017].
- [38] Infobae, "Una nueva aplicación permite denunciar las infracciones de tránsito desde el celular," 28 11 2014. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/2014/11/28/1611817-una-nueva-aplicacion-permite-denunciar-las-infracciones-transito-el-celular/>. [Accessed 03 04 2017].
- [39] Edex live, "Here's an app that helps you report traffic violations anonymously," 18 03 2017. [Online]. Available: <http://www.edexlive.com/live-story/2017/mar/18/heres-an-app-that-helps-you-report-traffic-violations-anonymously-210.html>. [Accessed 07 11 2017].
- [40] Safety Resource Center, "Traffic Safety Store," 15 08 2017. [Online]. Available: <https://www.trafficsafetystore.com/blog/apps-to-report-reckless-driving/>. [Accessed 08 02 2018].



# Thirty-sixth International System Dynamics Conference

Reykjavík, Iceland, August 6-10, 2018

## Program Chairs

Robert Eberlein  
*isee systems*  
Allyson Beall King  
*Washington State University*  
Jürgen Strohhecker  
*Frankfurt School of Finance & Management*

## Workshop Chairs

Jack B. Homer  
*Homer Consulting*  
Hazhir Rahmandad  
*MIT Sloan*

## Organizing Chairs

Anna Hulda Ólafsdóttir  
*University of Iceland*  
Harald Sverdrup  
*University of Iceland*  
Erik Pruyt  
*Delft University of Technology*

## Conference Host

*Iceland System Dynamics Center, University of Iceland*

## Summer School Sponsor

*School of Engineering, University of Iceland*

## Supporting Sponsors

BTN  
*DynamicVu*  
*Georgia Health Policy Center, Georgia State University*  
*isee systems*  
*Mindseye Computing, LLC*  
*The MITRE Corporation*

## Exhibitor Sponsors

*AnyLogic Europe*  
*Argonne National Laboratory (Decision and Infrastructure Sciences Division)*  
*Copernicos Group*  
*Creative Learning Exchange*  
*Forio Online Simulations*  
*International Society for Systems Science*  
*PA Aerospace and Defense*  
*Social System Design Lab, Washington Univ.'s Brown School*  
*Strategy Dynamics Ltd*  
*System Dynamics Group, Univ. of Bergen*  
*System Dynamics Summer School, 2018*  
*Ventana Systems, Inc.*  
*Whole Systems Partnership*

## Abstract Management System Sponsor

*X-CD Technologies*

## Conference Friends and Donors

*Krishna Pendyala Family Charitable Fund*  
*Wiley*

August 28, 2018

Mr. Jairo J. Pérez  
Universidad Pontificia Bolivariana  
Cra 70. # 32B - 83. Int. 402  
Medellín, Colombia

Dear Jairo:

On behalf of the System Dynamics Society, Inc., an international non-profit organization devoted to encouraging the development and use of systems thinking and System Dynamics around the world, please accept this letter as an **official certificate of attendance** at the International Conference of the System Dynamics Society, held in Reykjavík, Iceland. The dates of the conference were August 6-10, 2018.

You are an author of the following paper(s) presented at the conference:

**A social simulation to understand driver's conduct changes in emerging countries: Can technological interventions from pedestrians accelerate respect at permitted crossings?**

As you know, System Dynamics is a computer-aided approach to policy analysis and design. The approach uses a perspective based on information feedback and mutual or recursive causality to understand physical, biological, and social systems. The field of System Dynamics and the span of its applications have grown extensively and encompass work in corporate planning and policy design, public management and policy, biological and medical modeling, energy and the environment, theory development in the natural and social sciences, dynamics decision making and complex nonlinear dynamics. Research on these topics was presented at the conference.

We sincerely appreciate your attendance and participation in the conference.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink that reads "Roberta L. Spencer". The signature is written over a diagonal watermark that says "System Dynamics Conference".

Roberta L. Spencer  
Conference Manager  
Executive Director, System Dynamics Society



1er. Foro Latinoamericano  
de Peatones

*Activos por ciudades caminables*

# Certifica que:

## **JAIRO J. PEREZ**

Identificado con CC. 1.038.098.366, participó como **PONENTE** durante el 1er Foro Latinoamericano de Peatones realizado el 27 y 28 de octubre de 2017 en la ciudad de Medellín



Martha Giraldo

*Directora 1er foro Latinoamericano de De Peatones*



Claudina De Gyves

*Coordinadora Red Latinoamerica de Peatones*

Organiza



Patrocina



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**





MINISTERIO DEL INTERIOR  
DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL  
OFICINA DE REGISTRO  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE**

Libro - Tomo - Partida

**13-80-130**

Fecha Registro

**16-jul-2020**

Página 1 de 2

**1. DATOS DE LAS PERSONAS**

**AUTOR**

Nombres y Apellidos MANUEL JOSE BETANCUR BETANCUR 71645881

Nacional de COLOMBIA

Dirección CIRCULAR 1 #70-01

Ciudad: MEDELLIN

**AUTOR**

Nombres y Apellidos JAIRO JOSE PEREZ GARCIA No de identificación 1038098366  
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CIRCULAR 1 NRO. 70-01

Ciudad: MEDELLIN

**AUTOR**

Nombres y Apellidos JENNY ALEXANDRA CASTAÑO ARBELAEZ No de identificación 1036950671  
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CIRCULAR 1 # 70-01

Ciudad: MEDELLIN

**TITULAR DERECHO PATRIMONIAL**

Razón Social UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Nit 8909029226

Dirección --

Ciudad: MEDELLIN

**PRODUCTOR**

Razón Social UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Nit 8909029226

Dirección --

Ciudad: MEDELLIN

**2. DATOS DE LA OBRA**

Título Original VISUALIZADOR DE SRP DINÁMICO. VERSIÓN 1.0

Año de Creación 2019

País de Origen COLOMBIA

Año Edición

CLASE DE OBRA INEDITA

CARACTER DE LA OBRA OBRA ORIGINARIA

CARACTER DE LA OBRA OBRA COLECTIVA

ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO MATERIAL AUXILIAR

**3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA**

MUESTRA EL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SUBÍNDICE DEL RESPETO AL PEATÓN (SRP). ES UNA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL QUE MODELIZA ESCENARIOS DEL SRP A PARTIR DE LA CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS/POLÍTICAS RELATIVOS AL GRUPO DE ESTUDIO.

**4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA**

**5. DATOS DEL SOLICITANTE**

Nombres y Apellidos JULIO JAIRO CEBALLOS SEPULVEDA

No de Identificación 8354986

Nacional de COLOMBIA

Medio Radicación REGISTRO EN LINEA

Dirección CIRCULAR PRIMERA # 70-01

Ciudad MEDELLIN

Correo electrónico PROPIEDAD.INTELECTUAL@UPB.EDU.CO

Teléfono 4488388

Radicación de entrada 1-2020-66103

En representación de EN REPRESENTACION DE PERSONA JURIDICA



**MINISTERIO DEL INTERIOR**  
**DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR**  
**UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL**  
**OFICINA DE REGISTRO**  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE**

Libro - Tomo - Partida

**13-80-130**

Fecha Registro

**16-jul-2020**

Página 2 de 2



**MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR**

JEFE OFICINA DE REGISTRO

MZP

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).



MINISTERIO DEL INTERIOR  
DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL  
OFICINA DE REGISTRO  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE**

Libro - Tomo - Partida  
**13-68-160**  
Fecha Registro  
**24-jul-2018**

Página 1 de 2

**1. DATOS DE LAS PERSONAS**

**AUTOR**

Nombres y Apellidos MANUEL JOSE BETANCUR BETANCUR 71645881

Nacional de COLOMBIA

Dirección CIRCULAR 1 #70-01

Ciudad: MEDELLIN

**AUTOR**

Nombres y Apellidos JAIRO JOSE PEREZ GARCIA No de identificación 1038098366  
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CIRCULAR 1 NRO. 70-01

Ciudad: MEDELLIN

**AUTOR**

Nombres y Apellidos JOSE VALENTIN ANTONIO RESTREPO LAVERDE No de identificación 71751993  
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CIRCULAR 1 N° 70 - 01

Ciudad: MEDELLIN

**TITULAR DERECHO PATRIMONIAL**

Razón Social UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Nit 8909029226

Dirección --

Ciudad: MEDELLIN

**PRODUCTOR**

Razón Social UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Nit 8909029226

Dirección --

Ciudad: MEDELLIN

**2. DATOS DE LA OBRA**

Título Original APP YOPEATÓN - VERSIÓN ALPHA

Año de Creación 2018 País de Origen COLOMBIA Año Edición

CLASE DE OBRA INEDITA

CARACTER DE LA OBRA OBRA ORIGINARIA

CARACTER DE LA OBRA OBRA COLECTIVA

ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO MATERIAL AUXILIAR

**3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA**

PERMITE CAPTURAR UN VIDEO DE LA INTERACCIÓN CONDUCTOR-PEATÓN, Y GRABARLO EN CARPETA ESCONDIDA DE MODO QUE EL USUARIO NO TIENE ACCESO A ÉL.

PERMITE EVALUAR LA INTERACCIÓN, SI FUE DE RESPETO O NO, PARA GENERAR UNA QUEJA EN CASO TAL.

PERMITE SUBIR EL VIDEO A LA DB MEDIANTE WIFI Y BORRARLOS.

-PERMITE CONFIGURAR LA CALIDAD DEL VIDEO

**4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA**

**5. DATOS DEL SOLICITANTE**

Nombres y Apellidos JULIO JAIRO CEBALLOS SEPULVEDA

No de Identificación 8354986

Nacional de COLOMBIA

Medio Radicación REGISTRO EN LINEA

Dirección CIRCULAR PRIMERA # 70-01

Ciudad MEDELLIN

Dirección

Teléfono 4488388

Correo electrónico PROPIEDAD.INTELECTUAL@UPB.EDU.CO

Radicación de entrada 1-2018-57596

En representación de EN REPRESENTACION DE PERSONA JURIDICA



**MINISTERIO DEL INTERIOR**  
**DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR**  
**UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL**  
**OFICINA DE REGISTRO**  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE**

Libro - Tomo - Partida

**13-68-160**

Fecha Registro

**24-jul-2018**

Página 2 de 2



**MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR**

JEFE OFICINA DE REGISTRO

MZP

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).



**MINISTERIO DEL INTERIOR**  
**DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR**  
**UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL**  
**OFICINA DE REGISTRO**  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE**

Libro - Tomo - Partida

**13-68-158**

Fecha Registro

**24-jul-2018**

Página 1 de 2

**1. DATOS DE LAS PERSONAS**

**AUTOR**

**Nombres y Apellidos** MANUEL JOSE BETANCUR BETANCUR 71645881

**Nacional de** COLOMBIA

**Dirección** CIRCULAR 1 #70-01

**Ciudad:** MEDELLIN

**AUTOR**

**Nombres y Apellidos** JAIRO JOSE PEREZ GARCIA **No de identificación** 1038098366  
**CC**

**Nacional de** COLOMBIA

**Dirección** CIRCULAR 1 NRO. 70-01

**Ciudad:** MEDELLIN

**AUTOR**

**Nombres y Apellidos** JOSE VALENTIN ANTONIO RESTREPO LAVERDE **No de identificación** 71751993  
**CC**

**Nacional de** COLOMBIA

**Dirección** CIRCULAR 1 N° 70 - 01

**Ciudad:** MEDELLIN

**TITULAR DERECHO PATRIMONIAL**

**Razón Social** UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA **Nit** 8909029226

**Dirección** --

**Ciudad:** MEDELLIN

**PRODUCTOR**

**Razón Social** UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA **Nit** 8909029226

**Dirección** --

**Ciudad:** MEDELLIN

**2. DATOS DE LA OBRA**

**Título Original** BASE DE DATOS YO PEATÓN - VERSIÓN ALPHA

**Año de Creación** 2018

**País de Origen** COLOMBIA

**Año Edición**

**CLASE DE OBRA** INEDITA

**CARACTER DE LA OBRA** OBRA ORIGINARIA

**CARACTER DE LA OBRA** OBRA COLECTIVA

**ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO** MATERIAL AUXILIAR

**3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA**

PERMITE REGISTRAR LAS INTERACCIONES DE RESPETO O IRRESPETO CAPTURADAS CON LA APPY.P.

PERMITE REVISAR LOS VIDEOS SUBIDOS DESDE LA APLICACIÓN, ASÍ COMO LAS CARACTERÍSTICAS DE CADA UNO COMO FECHA DE CAPTURA, UBICACIÓN GEOGRÁFICA, USUARIO QUE SUBIÓ LA QUEJA, CONCEPTO SOBRE RESPETO.

PERMITE CONECTAR LAS INTERACCIONES CONDUCTOR-PEATÓN CAPTURADAS CON EL ENTE DE CONTROL

**4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA**

**5. DATOS DEL SOLICITANTE**

**Nombres y Apellidos** JULIO JAIRO CEBALLOS SEPULVEDA

**No de Identificación** 8354986

**Nacional de** COLOMBIA

**Medio Radicación** REGISTRO EN LINEA

**Dirección** CIRCULAR PRIMERA # 70-01

**Ciudad** MEDELLIN

**Dirección**

**Teléfono** 4488388

**Correo electrónico** PROPIEDAD.INTELECTUAL@UPB.EDU.CO

**Radicación de entrada** 1-2018-57426

**En representación de** EN REPRESENTACION DE PERSONA JURIDICA



**MINISTERIO DEL INTERIOR**  
**DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR**  
**UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL**  
**OFICINA DE REGISTRO**  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE**

Libro - Tomo - Partida

**13-68-158**

Fecha Registro

**24-jul-2018**

Página 2 de 2



**MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR**

JEFE OFICINA DE REGISTRO

MZP

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).

## LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA

### CIDI

#### HACE CONSTAR QUE:

En el ejercicio de sus labores investigativas JAIRO JOSÉ PÉREZ GARCÍA identificado con CC 1.038.098.366, hace parte del Grupo de Automática y Diseño A+D, desde diciembre del año 2017. Además, presenta vinculación en el desarrollo del proyecto de investigación aplicada para el desarrollo de nuevas tecnologías titulado **“De UPB Peatonal a Ciudad Peatonal - Fase 1”** con número de radicado **858B-07/17-22**; desempeñándose como Coinvestigador, durante el periodo comprendido entre el 5 de julio de 2017 y el 5 de julio de 2018.

Como parte de los resultados de la investigación, se registraron ante la DNDA “Dirección Nacional de Derecho de Autor” los productos que se detallan a continuación, en los cuales el investigador presenta autoría:

RADICADO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	No. REGISTRO	TIPO DE PRODUCTO
07-11693-10/18	Software. BASE DE DATOS YO PEATÓN - VERSIÓN ALPHA	13-68-158	Recursos Electrónicos
07-11694-10/18	Software. APP YOPEATÓN - VERSIÓN ALPHA	13-68-160	Recursos Electrónicos

En caso de requerir información adicional, comuníquese al correo electrónico [proyectos.cidimed@upb.edu.co](mailto:proyectos.cidimed@upb.edu.co)

La presente se expide a los 20 días del mes de mayo de 2020.

Atentamente,

 Firmado digitalmente  
por ANA CECILIA  
ESCUDERO ATEHORTUA  
Fecha: 2020.05.21  
08:45:35 -05'00'

Ana Cecilia Escudero Atehortúa.  
Directora de Investigación y Transferencia - CIDI  
Universidad Pontificia Bolivariana – Sede Central



20185200126261

FFI

Bogotá, 11-04-2018

Señor

**JAIRO JOSÉ PÉREZ GARCÍA**[jairo.perez@upb.edu.co](mailto:jairo.perez@upb.edu.co)**Asunto:** Australia-Américas PhD Research Internships program

Apreciado Andrés,

Para COLCIENCIAS es grato comunicarle que su candidatura ha sido incluida para participar en el *Australia-Américas PhD Research Internships Program 2018*.

En estos momentos, la Academia de Ciencias australiana se encuentra adelantando los trámites de formalización de las invitaciones con las instituciones anfitrionas que reportaron al momento de enviar sus candidaturas.

Una vez se tengan las confirmaciones por parte de estas instituciones, la Academia les enviará una carta formal de invitación a participar en el programa en la cual encontrarán instrucciones sobre el esquema de financiación propuesto tanto por parte de Colciencias como del Departamento Australiano de Educación, seguro médico, visas y acomodación.

Posteriormente tendrán una sesión de preparación para su estadía en Australia, la cual será coordinada por la Embajada de Australia en Colombia la cual tratará sobre el entorno de investigación australiano y otros aspectos prácticos relativos a su viaje.

Esperamos que esta experiencia contribuya al desarrollo de su proyecto de investigación doctoral.

Cordialmente,

**EDUARDO ROJAS PINEDA**

Director de Fomento a la Investigación

VoBo: EORJUELA  
Elaboró: MFGUERRERO

20 March 2018

Jairo J. Perez  
Universidad Potificia Bolivariana  
Cr 70, 32B-83

Sent via email: japex92@gmail.com

Dear Jairo,

**Re: Visiting the School of Science at RMIT University (RMIT).**

On Behalf of RMIT, I provide this letter to support your visit as a Visiting Research Student in the School of Science. The period of invitation extended to you is from 15 June 2018 until 15 September 2018.

During your visit you will work on a System Dynamics model that explains behavioural changes on drivers when they meet pedestrians at pedestrian crossings. This work is particularly motivated by drivers' lack of respect for transit laws in Colombia, which results in a lot of deaths and injuries every day. The research question is what change would induce drivers to stop their vehicles when they see pedestrians about to cross streets in permitted zones. We expect that by empowering pedestrians of their rights, through a mobile app that reports infractions to the transit department (social intelligence), so they can be fined, changes in the behaviour of drivers can be accomplished rapidly. A system dynamics model of this system has been developed but still requires a thorough sensitivity analysis to establish the uncertainty in model output. The expected outcome is at least one paper out of this work. This will be an opportunity for the School of Science to test some novel ideas in sensitivity analysis on a working model which could lead to a further purely methodological paper as well.

Under RMIT's Visiting Academic sponsorship agreement with the Department of Home Affairs we agree to be the approved sponsor for yourself as the primary sponsored person.

Our sponsorship agreement with the Australian government is valid until 3 April 2022. You will need to submit this letter, along with some important information below when you submit your application.

**Entity Name:** Royal Melbourne Institute of Technology  
**Australian Business Number (ABN):** 49 781 030 034  
**Sponsorship Transaction Reference Number (TRN):** EGOE8IXKAJ

You will need to organise your own travel and accommodation arrangements and we recommend that you obtain your own travel insurance for your stay in Australia.

During your visit you will be provided with access to suitable facilities. We will be pleased to advise you of both the Departmental facilities and the general University facilities upon your arrival at RMIT.

You should now prepare and submit a Temporary Activity visa (subclass 408) – Research Stream (Research Student) Visa application online: <http://www.homeaffairs.gov.au/Trav/Visa/Immi>

Further information on this visa and application requirements are available through the following link:  
<https://www.homeaffairs.gov.au/Trav/Visa-1/408->

I would like to congratulate you on this invitation and hope that you will find your time with us most rewarding.

Yours sincerely



**Mr Scott McDaid**  
**Director, Resourcing**  
**Human Resources**

16 March, 2018

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)

Jairo J. Perez  
Pontificia Bolivariana University  
Colombia

Ref: Invitation letter to complete a 14 week internship

Dear Jairo,

I invite you to work with me in the Mathematical Science Discipline at RMIT University. The best timing of your visit would be from 15 June to 15 September, 2018. We can provide a desk as well as access to internet and library facilities. We will not be able to provide any financial assistance and I understand that you will have access to sufficient funds for your visit. During your internship you will work on some problems related to the sensitivity analysis of System Dynamics models.

Regards



John Hearne  
Professor of Applied Mathematics  
RMIT University



Australian Government  
Department of Education and Training



COLCIENCIAS



GOBIERNO DE COLOMBIA

# Australia-Americas PhD Research Internships

This is to certify that

**Jairo José Pérez García**

has completed an

Australia-Colombia PhD Research Internship

2018

at

Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT)

Robyn Priddle

Branch Manager | Access Branch  
Australian Government Department of Education and Training