



# Pérdidas económicas para las compañías aseguradoras derivadas de personas lesionadas en accidentes de tránsito: aplicación de un modelo de pérdidas agregadas\*

## Economic Losses for Insurers Arising from Injured in Traffic Accidents: Applying a Loss Distribution Aggregated Model

### As perdas económicas para as seguradoras decorrentes de feridos em acidentes de trânsito: aplicação de um modelo de perdas agregadas

Fecha de recepción: 23-09-15 Fecha de aceptación: 11-03-16 Disponible en línea: 03-05-16  
doi:10.11144/Javeriana.rgyps15-30.peca

#### Cómo citar este artículo:

Restrepo-Morales JA, Medina Hurtado S, Vallejo Mesa J. Pérdidas económicas para las compañías aseguradoras derivadas de personas lesionadas en accidentes de tránsito: Aplicación de un modelo de pérdidas agregadas. *Rev. Gerenc. Polít. Salud.* 2016; 15(30): 80-93. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.rgyps15-30.peca>

Jorge Aníbal Restrepo-Morales\*\*  
Santiago Medina-Hurtado\*\*\*  
Juliana Vallejo-Mesa\*\*\*\*

\* Este trabajo es resultado del proyecto de investigación “Métodos multicriterio aplicados a la toma de decisiones en contextos empresariales”, realizado por el grupo de investigación Research Enterprise Development –RED– de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia y el grupo GICEA de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Los autores desean expresar sus agradecimientos a los estudiantes Hugo Pérez y Maribell Carmona, por su colaboración con los contactos en el Hospital Universitario San Vicente Fundación y su invaluable aporte en el trabajo de campo. El proyecto de investigación inició en enero del 2013 y finalizó en diciembre del 2014.

\*\* Autor principal. Ph. D. en Internacionalización de la Empresa, profesor titular del Tecnológico de Antioquia y de la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, director del grupo RED. Correo electrónico: jrestrepo@tdea.edu.co, dirección: calle 32B. No. 69c-22. Medellín.

\*\*\* Doctor en Estadística, profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Director del grupo investigación en ingeniería financiera y gestión empresarial (GIFG). Correo electrónico: smedina@unal.edu.co, dirección: calle 23 sur. No. 28-49. Envigado.

\*\*\*\* Ingeniero administrador, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Joven investigador del Tecnológico de Antioquia. Correo electrónico: juvallejome@unal.edu.co



### Resumen

Los accidentes de tránsito, por las graves secuelas sobre las personas y los altos costos económicos asociados, se catalogan como un problema social y de salud pública mundial. Este trabajo cuantificó las pérdidas económicas para las compañías de seguro, por personas lesionadas en accidentes de motocicletas en el periodo 2012-2013 en un hospital de nivel III. Es un estudio cuantitativo-explicativo, donde se aplicó un modelo de distribución de pérdidas agregadas (DPA). La base informativa fue primaria, con 2518 pacientes que representan el 9,08% de los accidentes reportados en la ciudad de Medellín. El 72,18% del total de urgencias corresponde a eventos con motociclistas. El día domingo es el de mayor accidentalidad, con un promedio de 122 pacientes. Las pérdidas promedio-día ascienden a \$36 373 000. El VaR operacional —máxima pérdida al 95% de confianza— es de \$112 400 000 y representa la máxima pérdida probable por día para las aseguradoras. Las cifras y variables permiten desarrollar políticas de movilidad y aumento de controles en los días y sitios vulnerables con un mayor número de accidentes de tránsito.

**Palabras clave:** accidente de tránsito; heridas y lesiones; prevención y control; estadísticas y datos numéricos; modelo de pérdidas agregadas; riesgo operativo

### Abstract

Traffic accidents, due to the serious consequences they have on people, and the high economic costs associated with them, are considered a worldwide social and public health problem. This paper assesses economic loss due to motorcycle accidents between 2012 and 2013 in a level 3 hospital. This is a quantitative-explanatory study, where an aggregate loss model is applied. An input of 2,518 patients is used which represents 9.08% of the Medellín's accidents reported. The 72.18% of all emergency events came from motorcycle accidents. Sunday was the day with highest accidents number with a 122 average patients. Average losses per day amount to COP 36,373 million. The operational VaR —maximum loss per day at 95% confidence— is COP 112,400 million, and represents the probable maximum loss per day. The numbers and variables allow developing mobility policies and increased controls on days and vulnerable places with the highest traffic accidents number.

**Keywords:** transit accidents; wounds and injuries; prevention and control; statistics and numerical data; aggregate loss model; operative risk

### Resumo

Os acidentes de trânsito, devido às graves consequências que têm sobre as pessoas e os altos custos econômicos associados a eles, são considerados um problema social e de saúde pública mundial. Este trabalho avalia perdas econômicas devido a acidentes de moto entre 2012 e 2013 em um hospital de nível 3. Este é um estudo quantitativo-explicativo, onde um modelo de perda agregada é aplicada. Uma entrada de 2.518 pacientes é utilizado o que representa 9,08% dos acidentes Medellín's relatados. O 72,18% de todos os eventos de emergência vieram de acidentes de moto. Domingo foi o dia com maior número de acidentes com um 122 pacientes médios perdas médias por quantidade dia a COP 36.373 milhões. O VaR operacional - perda máxima por dia a 95% de confiança - é COP 112.400 milhões, e representa a provável perda máxima por dia. Os números e variáveis permitem desenvolver políticas de mobilidade e aumento dos controles em dias e locais vulneráveis com o maior número de acidentes de trânsito.

**Palavras-chave:** acidentes de trânsito; ferimentos e lesões; prevenção e controle; estatísticas e dados numéricos; o modelo de perda agregada; risco operatório

## Introducción

Los accidentes de tránsito son un mal endémico que representa un problema social, toda vez que un gran porcentaje de víctimas —hombres y mujeres— se encuentra en plena edad productiva, con lo cual se genera un alto impacto económico y psicológico, puesto que hay un importante número de víctimas —fatales y no fatales— que difícilmente se reinsertan a la vida social o laboral, debido a las secuelas de las heridas graves sufridas en los miembros (1).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año los accidentes de tránsito causan la muerte de aproximadamente 1,24 millones de personas en todo el mundo. Si bien existe literatura donde se aborda el tema de los accidentes de tránsito desde diferentes aristas (2-8), a nivel de Colombia, y particularmente Medellín, la información es abundante pero existen pocos estudios para este tipo de análisis (9,10), a pesar de que las lesiones como resultado de los accidentes de tránsito son la causa principal de muerte en el grupo de quince a veintisiete años de edad, y los países de ingresos bajos y medianos, no obstante tener menos de la mitad de los vehículos del mundo, producen más del 91% de las muertes relacionadas con accidentes de tránsito. La mitad de las personas que mueren por esta causa en todo el mundo son “usuarios vulnerables de la vía pública”, es decir, peatones, ciclistas y motociclistas (1).

En el 2012 en Colombia rodaron aproximadamente 4,5 millones de motocicletas, que movilizaron a cerca de ocho millones de personas al día, cifra que devela la importancia del sector en la economía del país. Tal crecimiento trae consigo el flagelo de la accidentalidad. Según la Fundación Mapfre, en el periodo 2008-2012 (1), 94 000 motociclistas resultaron lesionados y 11 000 más fallecidos; en el caso concreto del año 2012,

los fallecidos ascendieron a 2507 (42,6%) (11). Se encuentra cómo las edades del 50% de los accidentados en moto oscilaban entre diecinueve y veintisiete años, rango que representa la edad más productiva del individuo. Además, el costo para el sistema de salud de los motociclistas accidentados asciende a \$22 740 millones al año (12).

En Medellín, las cifras de accidentalidad con participación de motos durante los primeros cinco meses del 2012 registraron un aumento del 5% con respecto al mismo periodo del 2011, donde 47 personas perdieron la vida —41 conductores y 6 pasajeros—. Por su parte, el número de accidentes de tránsito con participación de motocicletas entre enero y mayo del 2013 registró un incremento del 18,65% con respecto al mismo periodo del 2012, pasando de 9076 incidentes a 10 769. Además, el total de muertes en el 2013 ascendió a 303 siniestros, 25 víctimas más que en el año 2012, y la tasa de muertes por cada 10 000 vehículos pasó de 2,5 a 2,6 en el mismo periodo. Tal crecimiento de la tasa de muertes resulta relevante (13).

No obstante, existen cálculos irrisorios de los costos asociados a estos traumatismos a nivel mundial. La escasa referencia indica que en el año 2000 el costo económico de los accidentes de tránsito superaba los US\$518,000 millones. Otros cálculos ubican el costo de los accidentes de tránsito en los países entre 1 y 3% del producto nacional bruto; asimismo, se argumenta que las repercusiones económicas familiares erosionan las finanzas, a través del endeudamiento excesivo e incluso la reducción del consumo de alimentos. Resulta alarmante que, entre los países de la región, Colombia tenga una tasa de mortalidad de 3,6 por cada 10 000 habitantes, seguido de Brasil con 2,9 por 10 000 (1). En el caso de Medellín, un estudio realizado entre 1999 y el 2008 reporta a la motocicleta como el vehículo más frecuentemente implicado en



accidentes de tránsito, con una participación de 34,8% en el periodo de análisis y con una tendencia creciente desde el año 2002 (10).

En el Hospital Universitario San Vicente Fundación, en el primer semestre del 2013 se atendió a 2518 pacientes en el servicio de urgencias como resultado de accidentes de tránsito, los cuales representaron una facturación por valor de \$7 827 702 543, donde el 76,64% corresponde a accidentes en los que se vieron involucrados motociclistas. En el primer semestre del año 2012 se encontró que la cantidad de pacientes atendidos ascendió a 2695, con un valor total facturado de \$6 654 852 567, de los cuales el 73,76% fueron motociclistas, reflejando una disminución de 177 pacientes atendidos como víctimas de accidentes de tránsito en el primer semestre del 2013 (14).

Como medida de cubrimiento surge el Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito (SOAT), un seguro obligatorio que nació mediante la Ley 33 de 1986, el cual se encuentra regulado por el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero (EOSF), con el fin de garantizar la atención integral para las víctimas de accidentes de tránsito, de acuerdo con unas coberturas definidas. Este es de carácter obligatorio para todos los vehículos automotores que transitan por el territorio nacional y ampara los daños corporales causados a las personas en dichos accidentes, tanto dentro como fuera del vehículo y que actúen como conductores, pasajeros o peatones.

La regulación del SOAT obliga a todos los hospitales y clínicas, tanto públicos como privados, a prestar la atención médica de forma integral, desde la atención inicial de urgencias hasta su rehabilitación final, incluyendo atención de urgencias, hospitalización, suministro de material médico, quirúrgico, osteosíntesis, órtesis y prótesis, suministro de medicamentos, tratamiento y procedi-

mientos quirúrgicos, servicio de diagnóstico y rehabilitación. La Ley 100 de 1993 en el artículo 167 señala que las aseguradoras autorizadas para administrar el SOAT en casos de accidentes de tránsito deben cubrir los servicios médico-quirúrgicos y demás gastos en que puedan incurrir las víctimas (15).

Este trabajo tiene como objetivo central determinar las pérdidas operativas para las compañías de seguros mediante la reclamación vía el SOAT de las atenciones prestadas por el Hospital Universitario San Vicente Fundación, a pacientes víctimas de accidentes de tránsito relacionados con motociclistas. La elección de la accidentalidad de motociclistas se fundamenta en el alto crecimiento de este medio de transporte en la ciudad de Medellín, que representa en la actualidad el 51% del total de vehículos que transitan por la ciudad, lo que ha incidido en el aumento en los accidentes de tránsito reportados en la ciudad. Según datos suministrados por el Hospital Universitario San Vicente Fundación, el 72,18% de las víctimas atendidas por accidentes de tránsito se movilizaba en motocicleta o se vio afectado por uno de estos vehículos. La muestra se tomó de los accidentes atendidos en el periodo comprendido entre el 1° de enero del 2012 y el 31 de julio del 2013.

El marco referencial define el riesgo como la posibilidad de que un evento determinado se presente en el futuro, ocasionando un daño o detrimento que afecte negativamente un objetivo específico. Desde una perspectiva financiera, la literatura en su gran mayoría coincide en agrupar los riesgos en tres categorías básicas: los operacionales, los de mercado y los de crédito (16-19). El riesgo operativo, a pesar de su origen en el sector financiero, está anclado en todas las actividades normales de cualquier tipo de empresa u organización (20,21). En el caso de la seguridad vial, se sufren fallos operativos por

factores tales como errores humanos, fallas en infraestructura vial, caídas de los sistemas de semaforización y deficientes políticas públicas, entre otros.

El modelo de distribución de pérdidas agregadas (DPA), como metodología para la estimación de la pérdida económica por riesgo operativo, se ha posicionado como una herramienta adecuada para estimar las pérdidas esperadas (22), al entregar un estimado del riesgo operacional de una organización. A pesar de que esta metodología por sus ventajas ha sido ampliamente tratada en la literatura (23-33), no se encuentra mucha referencia sobre ella aplicada al tema de accidentes de tránsito. En este estudio se obtiene la DPA por medio de simulación de las distribuciones de pérdida y severidad (figura 1), para determinar la exposición al riesgo en la siguiente unidad de tiempo, línea de negocio o procesos.

Este trabajo es un aporte a la ampliación del espectro de actuación, al mostrar las bondades de calcular la pérdida esperada por accidentes de vehículos utilizando la simulación, que no es más que construir

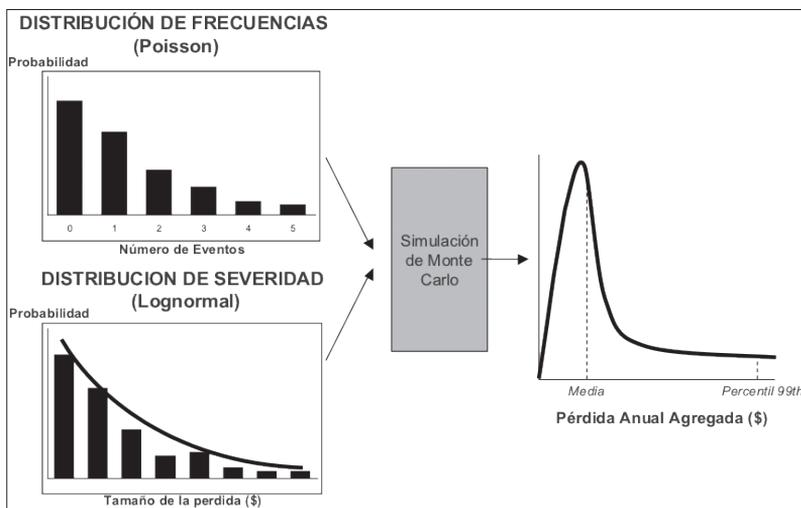
un modelo lógico-matemático (34) de la frecuencia y severidad de los accidentes de tránsito y experimentar con él para comprender su comportamiento y ayudar a la toma de decisiones. Así, esta simulación es particularmente útil para este problema, puesto que incluye la incertidumbre (35), ayudando a los involucrados a comprender el problema en su dimensión económica y social.

## Materiales y métodos

### Tipo de estudio

Esta investigación es de carácter cuantitativo; se modelaron las posibles pérdidas ocasionadas por accidentes, considerando aspectos relevantes para la medición, el control y la gestión del riesgo operativo, donde a partir de una muestra representativa de la población, con información suministrada por la Secretaría de Movilidad de Medellín, en conjunto con estadísticas del Hospital Universitario San Vicente Fundación, se obtuvo una medición adecuada del riesgo, a partir de la construcción de indicadores de

FIGURA 1. SIMULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PÉRDIDAS AGREGADAS (DPA)



funciones de distribución, probabilidad de pérdida, cálculo de varianza, estructuración de bases de datos y creación de modelos, para una medición objetiva de riesgo que permita segmentar y dirigir los esfuerzos hacia su disminución.

Según el nivel de profundidad, es de carácter correlacional; se utilizaron 2518 registros de pacientes atendidos en el Hospital Universitario San Vicente Fundación, que representan el 9,08% de los accidentes reportados en la ciudad de Medellín, para determinar la frecuencia de ocurrencia, la severidad y el grado de relación entre las variables. Finalmente, el estudio es una investigación aplicada que obtiene la DPA por medio de simulación de los siniestros y sus costos asociados, para determinar la exposición al riesgo por día de las compañías aseguradoras.

**Modelación de la severidad.** La severidad es una variable aleatoria continua que simboliza el valor de los siniestros ocurridos, requiere la realización de pruebas de ajuste a la serie de datos históricos de pérdidas económicas operacionales desagregadas para cada accidente de tránsito. Se determinó la distribución de probabilidad continua de mejor ajuste a los datos observados y se estimaron sus parámetros. Algunos autores (32,33,36) proponen la distribución lognormal o la Weibull como las más recomendables para modelar la severidad; no obstante, en la práctica a veces es difícil ajustar estas distribuciones paramétricas a datos de pérdida, ya que por lo general el histograma de las pérdidas presenta colas pesadas o eventos extremos. Es recomendable, por tanto, probar el ajuste de distribuciones de cola pesada, como la distribución de valor extremo, la exponencial o la de Pareto generalizada, entre otras.

**Modelación de la frecuencia.** La frecuencia es una variable aleatoria discreta que simboliza el número de eventos ocurridos en un periodo

determinado, con una probabilidad de ocurrencia establecida. Algunos autores señalan la distribución de Poisson como la más adecuada para modelar dicha variable (20,29,32,33), sin descartar otras distribuciones alternas como la binomial o la binomial negativa.

Por su parte, la distribución de probabilidad acumulada es la suma de la función de masa, es decir, representa la suma de todas las probabilidades desde  $-\infty$  hasta el valor  $n$ . Con independencia de las distribuciones de probabilidad elegidas para modelar la frecuencia y la severidad, a dicha distribución se le pueden aplicar diferentes pruebas de bondad de ajuste, tales como Chi-cuadrado, Anderson-Darling (A-D) o Kolmogorov-Smirnov (K-S), necesarias para probar el ajuste de cada distribución. La prueba Chi-cuadrado fue utilizada a lo largo de este estudio.

**Obtención de la distribución de pérdidas agregadas.** Posteriormente a la caracterización de las distribuciones para la frecuencia y la severidad, el paso siguiente fue obtener la DPA, mediante la combinación de las dos distribuciones con un proceso estadístico conocido como convolución. Para obtener la pérdida esperada, la literatura presenta dos alternativas; este artículo utilizó la Simulación Montecarlo, un método sistémico que permite la simulación de escenarios de fenómenos cuya naturaleza es aleatoria, tales como utilidades, rendimientos, precios o, en nuestro caso, la simulación de pérdidas por eventos de accidentes de tránsito. La Simulación Montecarlo permite, mediante la generación de números aleatorios correlacionados, replicar las distribuciones de probabilidad o los procesos estocásticos definidos para cada uno de los factores de riesgo del fenómeno tratado (37), a fin de realizar la convolución de las frecuencias y la severidad. Luego de ajustar las distribuciones de frecuencia y severidad a los datos, es posible estimar la distribución de pérdidas agregadas

mediante un proceso de Simulación Montecarlo, generando un número adecuado de escenarios hipotéticos de manera aleatoria.

## Resultados

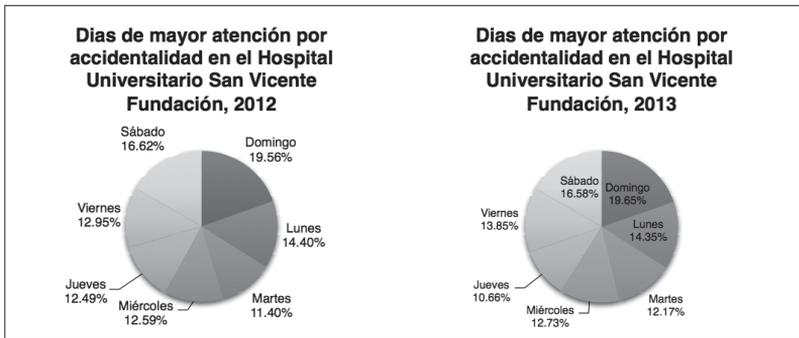
### Análisis exploratorio de los datos

Como se observa en la figura 2, el día en que se registran mayores ingresos al servicio de urgencias como consecuencia de accidentes de tránsito (motocicletas), es el domingo, con un porcentaje de participación cercano al 20% del total de accidentes atendidos en este hospital. Le sigue el sábado, con un total de 322 accidentes en el 2012, equivalentes al 16,62%

del total de accidentes atendidos, y 297 en el 2013, correspondientes al 16,58% del total del periodo. Los demás días presentan un promedio/día en el 2012 de 248 y en el 2013 de 229.

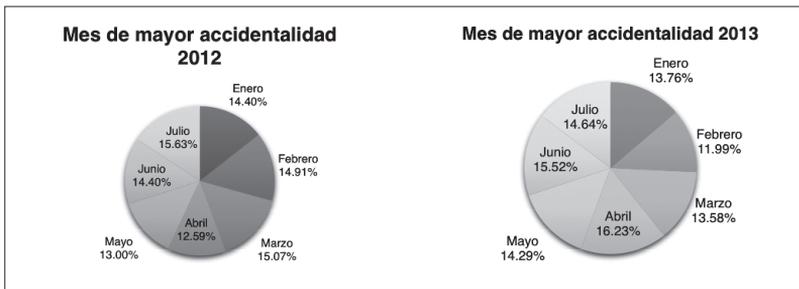
En la figura 3 se puede apreciar que en el año 2012 en el servicio de urgencias del Hospital Universitario San Vicente Fundación de la ciudad de Medellín, julio fue el mes que registró un mayor servicio por accidentalidad, con 303 casos, los cuales representaron el 15,63% del total accidentes que involucraron motocicletas. En el año 2013, fue abril, con una cifra equivalente a 276 casos, que representa el 16,23% del total. Se evidencia que el mes de menor número de servicios, en los dos periodos, fue febrero del 2013, con 204 atenciones que representan el 11,99% del total.

FIGURA 2. DÍAS DE MAYOR INGRESO POR ACCIDENTES DE TRÁNSITO AL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE FUNDACIÓN, MEDELLÍN, ENERO-JULIO DEL 2012 Y DEL 2013



Fuente: elaboración propia con datos del Hospital Universitario San Vicente Fundación

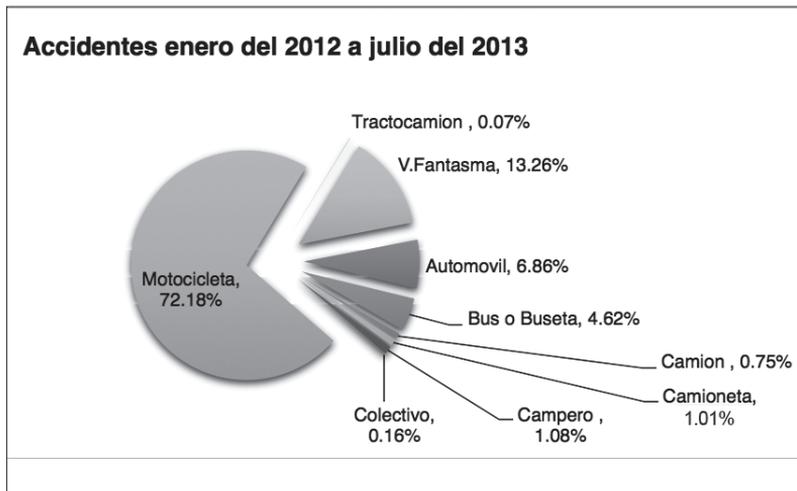
FIGURA 3. SERVICIO DE URGENCIAS EN HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE FUNDACIÓN POR ACCIDENTALIDAD DE MOTOCICLETAS EN MEDELLÍN POR MES, ENTRE ENERO Y JULIO DEL 2012 Y DEL 2013



Fuente: elaboración propia con datos del Hospital Universitario San Vicente Fundación



FIGURA 4. CANTIDAD DE ACCIDENTES ENTRE ENERO DEL 2012 Y JULIO DEL 2013 POR TIPO DE VEHÍCULO



Fuente: elaboración propia con datos del Hospital Universitario San Vicente Fundación

TABLA 1. ACCIDENTES POR TIPO DE VEHÍCULO, MEDELLÍN 2010-2013

Tipo Vehículo	2010		2011		2012		2013	
Automovil Particular	24,753	44.6%	28,237	38.6%	28,676	35.9%	28,168	33.3%
<b>Motociclistas</b>	<b>17,257</b>	<b>31.1%</b>	<b>24,306</b>	<b>33.2%</b>	<b>25,860</b>	<b>32.4%</b>	<b>28,826</b>	<b>34.1%</b>
Taxis (TPI)	1,108	2.0%	9,081	12.4%	10,487	13.1%	11,732	13.9%
Bus Buseta Microbus (TPC)	8,652	15.6%	7,410	10.1%	8,619	10.8%	9,664	11.4%
Camión	2,594	4.7%	2,696	3.7%	2,770	3.5%	2,786	3.3%
Otros	1,091	2.0%	1,497	2.0%	3,486	4.4%	3,452	4.1%
<b>Total Accidentes de Tránsito</b>	<b>55,455</b>	<b>100%</b>	<b>73,227</b>	<b>100%</b>	<b>79,898</b>	<b>100%</b>	<b>84,628</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia con datos del Informe de seguridad vial de Medellín

La figura 4 muestra cómo en el periodo de análisis se atendió a un total de 7293 víctimas de accidentes de tránsito en Hospital Universitario San Vicente Fundación, el 72,18% corresponde a eventos con motociclistas y el 27,82% restante a otros automotores. De este último porcentaje, 13,26% son eventos en los cuales no se identifica el tipo de vehículo, y se denomina vehículo fantasma.<sup>1</sup>

A nivel general, las cifras revelan la magnitud del problema en el periodo 2010-2013 (tabla 1). Durante el año 2013 la accidentalidad en Medellín ascendió a 84628 siniestros, con

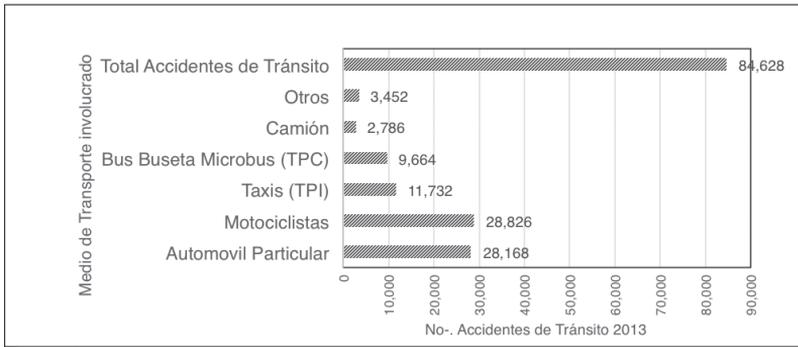
una participación de 28826 casos (34,1%) asociados a accidentes de motos (figura 5). La cifra atendida en el Hospital Universitario San Vicente Fundación (7293 casos con lesionados entre el 2012 y mediados del 2013), dentro del total de accidentes de tránsito ocurridos en Medellín durante ese periodo (aproximadamente 122 212 casos), representa el 5,97% de la accidentalidad total.

### Resultados de la simulación de la distribución de pérdidas esperadas

A continuación se presenta la metodología básica que se utilizó para hallar las pérdidas

1 Vehículo que se da a la fuga.

FIGURA 5. ACCIDENTES POR TIPO DE VEHÍCULO, MEDELLÍN 2013



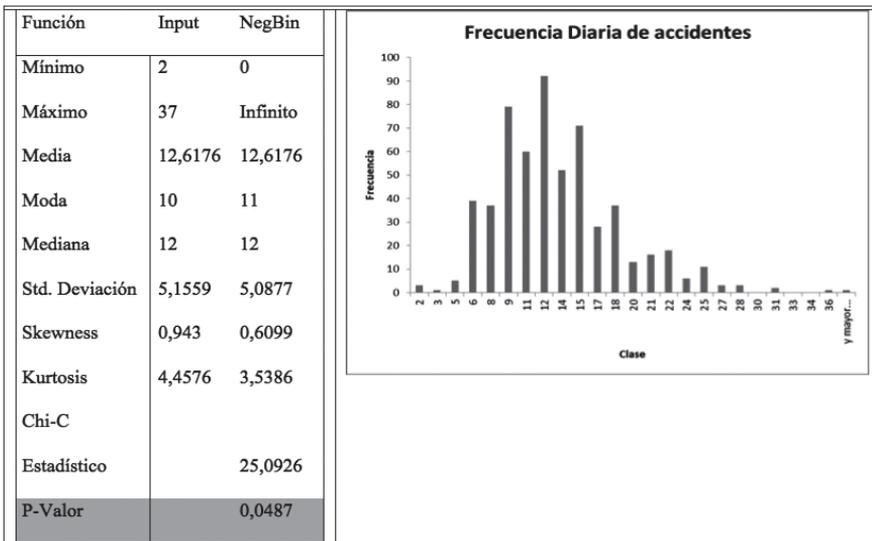
Fuente: Informe de accidentabilidad 2013 (9)

económicas esperadas de las compañías aseguradoras de motocicletas.

**Distribución de frecuencia.** El análisis de frecuencia se derivó del número de accidentes por día registrados en la base de datos del Hospital Universitario San Vicente Fundación. Primero se determinó la distribución de probabilidad de mejor ajuste para el comportamiento de los datos. La figura

6 muestra el histograma de la distribución de accidentes por día para el Hospital Universitario San Vicente Fundación. Para seleccionar la mejor distribución se ejecutó la prueba Chi-cuadrado, con un nivel de confianza del 99%; además, se calcularon las medidas estadísticas para la frecuencia diaria de accidentes de tránsito y el ajuste de distribuciones de probabilidad discretas. El valor  $p = 0,0487$ , obtenido para la prue-

FIGURA 6. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE ACCIDENTES DE MOTOS POR DÍA ATENDIDOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE FUNDACIÓN, 2012-2013 Y AJUSTE DE FRECUENCIA DIARIA DE ACCIDENTES DE MOTOCICLETAS EN ESA MISMA INSTITUCIÓN



ba de bondad de ajuste a la distribución binomial negativa, permite concluir que se ajusta adecuadamente a los datos muestrales, caracterizando de manera correcta las medidas de tendencia central y dispersión.

**Distribución de severidad.** Para el ajuste de la distribución del costo de la atención médica por accidentes de tránsito, se actualizaron los datos de severidad de acuerdo con la inflación mensual, para homogenizar los datos económicos al valor monetario de la fecha de corte final (31 de julio del 2013). En el proceso de ajuste de distribución de probabilidad, se presentó un patrón de cola pesada que impidió ajustar los datos a una distribución paramétrica (todas las pruebas de bondad de ajuste fueron rechazados). Por tanto, se procedió a caracterizar los datos a partir de una distribución de probabilidad acumulada, para luego ejecutar la simulación. La figura 7 presenta la distribución acumulada para la severidad, las medidas de tendencia central y dispersión y el valor promedio de pérdidas para las aseguradoras por evento, que ascendió a \$3 059 740.

**Estimación de la distribución de pérdidas agregadas.** Para estimar la distribución de pérdidas agregadas diarias, se realizaron 10 000 iteraciones. La figura 8 muestra que el valor promedio de las pérdidas por día gira en torno al valor de \$36 373 000. Además, el VaR operacional o máxima pérdida probable para un día al 95% de confianza ascendió a \$112 400 000, aproximadamente. Este valor representa la máxima pérdida probable en un día para las compañías aseguradoras por accidentes de tránsito de motos para eventos atendidos en el Hospital Universitario San Vicente Fundación, y para el hospital es la estimación del máximo ingreso probable en un día proveniente de las atenciones por reclamación derivada de accidentes de tránsito.

En resumen, el Hospital Universitario San Vicente Fundación es un hospital de tercer nivel

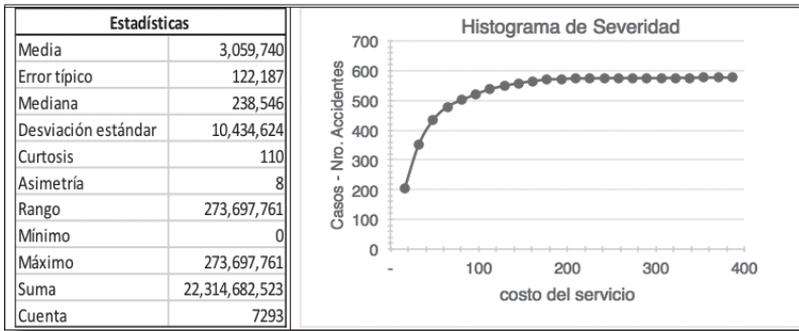
que atiende el 9,08% de la accidentalidad de la ciudad de Medellín; el promedio es de 256 pacientes por día y la pérdida esperada de \$112 400 000 por día. En promedio se atendió a 256 pacientes en el Hospital Universitario San Vicente Fundación por concepto de accidentes de tránsito de motociclistas, con un valor facturado por evento de \$3 060 000. El mes de marzo del 2013 presentó el mayor número de accidentes, superando los trescientos pacientes, con pérdidas superiores a los \$918 000 000 para las aseguradoras. El domingo es el día de mayor promedio de servicios de urgencias por accidentes de tránsito, con la cifra de 122; le siguen el sábado con 103 y el lunes con 82 pacientes en promedio. La pérdida máxima probable para las compañías aseguradoras por reclamaciones de accidentes de tránsito de motos atendidos en el Hospital Universitario San Vicente Fundación asciende a \$112 400 000 por día, con un 95% de confianza. Se resalta que el 90,3% de los accidentados atendidos presentaba en regla la documentación en cuanto a vigencia y autenticidad del SOAT.

## Discusión, conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos permiten evidenciar la magnitud económica del problema, donde el 72,18% del total de pacientes fueron motociclistas. Tal porcentaje de participación en los índices de accidentalidad es probable que esté relacionado con el aumento de motocicletas en la ciudad de Medellín, el cual ascendió al 51% del total de vehículos que circulan en la ciudad.

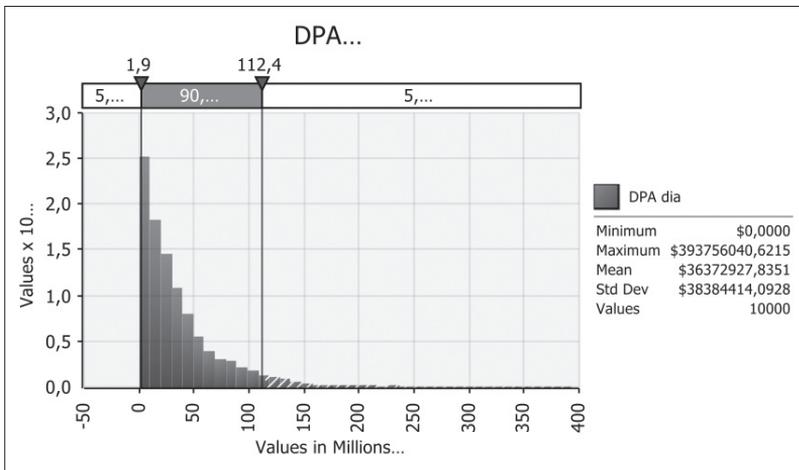
Contrastando los resultados, se encuentra cómo en el año 2008 el 20,5% de los accidentes de tránsito fueron cobrados a la subcuenta de Eventos Catastróficos del Fondo de Solidaridad y Garantía (Fosyga), porque el vehículo causante tenía la póliza

**FIGURA 7. ESTADÍSTICAS BÁSICAS DEL COSTO DEL SERVICIO POR ACCIDENTE DE TRÁNSITO PARA MOTOS E HISTOGRAMA DE FRECUENCIA PARA EL COSTO DEL SERVICIO DE SALUD POR ACCIDENTE DE MOTOS**



Fuente: elaboración propia con el software @Risk

**FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE PÉRDIDAS AGREGADAS PARA EL SECTOR ASEGURADOR POR CASOS ATENDIDOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE FUNDACIÓN**



Fuente: elaboración propia con el software @Risk

SOAT vencida, era falsa o no estaba asegurado. Dicha cifra representó una reducción del 66,7% con respecto a 1999 (10), y en el 2013 el porcentaje bajó en un 41,46%. La reducción refleja un incremento en la cultura de los conductores en cuanto a mantener su documentación de acuerdo con la ley, ya sea por la sensibilización de las campañas publicitarias, o por la persuasión generada por el incremento de presencia oficial. Por tanto, se espera una reducción mayor con la inclusión de los comparendos vía fotomultas y cruce de información con el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT).

Se corrobora cómo los conductores de motocicletas son los principales lesionados en accidentes de tránsito. En este sentido, se alienta a las autoridades gubernamentales a que focalicen esfuerzos y recursos, formulando políticas integrales (10) en las dimensiones tanto educativa como ética y cultural, donde el centro de atención sean los conductores y se incorporen los demás actores, para fomentar conductas de tolerancia, respeto y convivencia en la vía pública para la movilidad de vehículos y peatones, propendiendo por la preservación de la vida.



Para el organismo de tránsito municipal, las cifras develadas se deben analizar, con el propósito de ajustar medidas como las siguientes:

- Incrementar los operativos en las principales vías de Medellín los días sábado y domingo, con el propósito de contener el exceso de velocidad y la conducción bajo efectos de sustancias psicoactivas; factores determinantes en la accidentabilidad los fines de semana.
- Mejorar la luminosidad en zonas de cruce, dado que la mayor accidentabilidad sucedió en las noches y madrugadas; esta recomendación surge de los hallazgos de un estudio antes-después, desarrollado en Australia para reducir atropellamientos en las noches, donde se encontró un descenso del 59% (38) en los accidentes de tránsito nocturnos al incrementar la luminosidad sobre zonas de cruce urbano.
- Desarrollar intervenciones de ingeniería para reducir la accidentabilidad, teniendo en cuenta que los accidentes de tránsito se concentran en puntos geográficos particulares, como es el caso de los cruces, que aunados a factores espaciales y/o ambientales, los convierten en puntos neurálgicos; por tanto, su reconocimiento permitirá desarrollar tales intervenciones (39).

Por su parte, para el Hospital Universitario San Vicente Fundación los hallazgos permiten tomar medidas en los siguientes puntos:

- Aumentar la planta de médicos en el servicio de urgencias los días sábado y domingo, con el fin de optimizar el proceso de atención y disminuir los tiempos de espera de los pacientes, descongestionar el servicio de urgencia y lograr una mayor cobertura en la atención de

otro tipo de urgencias, dado que este centro es referencia a nivel departamental por su alto nivel de complejidad.

- Hacer un estudio de los casos de mayor frecuencia y, por medio de un análisis de costos, definir estrategias para mejorar el servicio y la rapidez de respuesta.

Para las compañías aseguradoras se recomienda:

Hacer campañas educativas de inteligencia vial dirigidas a los motociclistas como población más vulnerable, para disminuir el valor en riesgo que asumen estas compañías para este tipo de siniestro. Por otra parte, las pérdidas máximas estimadas por compañías aseguradoras se deben utilizar para determinar el punto de equilibrio financiero y estipular vías de cobertura y mitigación del riesgo.

Lo resultados presentados refuerzan la evidencia de que los accidentes de tránsito constituyen un problema de salud pública, tanto desde la óptica económica, que incluye los costos sociales y financieros inherentes a las lesiones causadas, como desde la necesidad que tienen los gobiernos, sobre todo de países altamente motorizados como es el caso de Colombia, de transformar la concepción sobre los accidentes de tránsito en motocicleta, empezando por diseñar medidas para predecir y evitar las lesiones causadas por estos.

Para ello, es condición de primer orden acceder a datos derivados de procesos con enfoque científico. En este caso se requiere implementar sistemas que supongan el error humano y tengan en consideración la vulnerabilidad del conductor de motocicleta, aunado al uso y transferencia de herramientas y tecnologías de información y comunicación orientadas a mitigar el problema.

Se sugiere estudiar y utilizar herramientas como la matriz de Haddon, la cual considera un enfoque integral del problema y simula un sistema dinámico, donde cada una de las nueve celdas que la componen presenta alternativas de intervención para reducir las lesiones derivadas de accidentes de tránsito (40), aportando al diseño de intervenciones, aplicadas y probadas en diferentes latitudes (4,9), para contrarrestar los factores más comunes asociados con la ocurrencia de los accidentes de tránsito.

Por último, de acuerdo con el Banco Mundial, las acciones realizadas en el país han reducido los efectos del incremento del parque automotor y de la movilidad, pero no han sido suficientes para obtener tendencias de mejora, como sí lo han logrado otros países, con reducciones importantes en el número de muertes, a pesar de tener altas tasas de motorización (41). Lo anterior señala el camino para trabajar en el desarrollo de capacidad institucional, mejorando la eficacia, compartiendo responsabilidades, fijando metas y creando alianzas para mitigar el problema, debido a que categóricamente la seguridad vial es un problema de equidad social y salud pública.

## Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, 2013. Recuperado el 17 de marzo del 2014, de [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/es/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/)
2. Macías G, Almeida F, Alazraqui M. Análisis de las muertes por accidentes de tránsito en el municipio de Lanús Argentina: 1998-2004. *Salud Colectiva*. 2010; 6 (3): 313-28.
3. Gelstein R, Betoncello R. Aspectos demográficos y sociales de los accidentes de tránsito en áreas seleccionadas de la Argentina. Buenos Aires: Caligrafix; 2006
4. Baker S, O'Neill B, Ginsburg M, Li G. *The Injury Fact Book*, segunda edición. Nueva York: Oxford University Press; 1992.
5. Prado T, Muñoz D. Politraumatismo: Accidentes de tránsito. *Revista Asociación Argentina Ortopedia y Traumatología*. 2009; 74 (1): 6-12.
6. Hijar-Medina MC. Utilidad del análisis geográfico en el estudio de las muertes por atropellamiento. *Salud Pública*. 2000; 42: 188-93.
7. Rodríguez-Hernández J, Campuzano-Rincón J, Hijar M. Comparación de datos sobre mortalidad por atropellamientos en la Ciudad de México: ¿se han presentado cambios en una década? *Salud Pública*. 2011; 53: 320-8.
8. Rodríguez-Hernández J, Campuzano-Rincón J. Medidas de prevención primaria para controlar lesiones y muertes en peatones y fomentar la seguridad vial. *Salud Pública*. 2010; 2 (3): 497-509.
9. Cabrera A, Velásquez O, Valladares G. Seguridad vial, un desafío de salud pública en Colombia del siglo XXI. *Revista Facultad Nacional de Salud*. 2009; 27 (2): 218-25.
10. García H, Vera C, Zuluaga L. Características de los accidentes de tránsito con personas lesionadas atendidas en un hospital de tercer nivel de Medellín, 1999-2008. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*. 2011; 10 (21).
11. Alcaldía de Medellín. Informe Anual de Accidentabilidad, 2013. Medellín: Alcaldía de Medellín; 2014.
12. Ministerio de Transporte. Observatorio de Seguridad Vial, Dirección Nacional de Observación Vial, 2015 [Internet] [acceso: 13 de agosto del 2015]. Disponible en: <http://observatoriovial.seguridadvial.gov.ar/>
13. Medellín como Vamos, 11 03 2015 [Internet] [acceso: 10 de septiembre del 2015]. Disponible en: <http://www.medellincomovamos.org/movilidad-y-espacio-p-blico>.
14. Hospital Universitario San Vicente de Paul. Informe de accidentes de tránsito atendidos en Urgencias. Medellín: Hospital Universitario San Vicente de Paul; 2013.
15. Colombia, Decreto 3990. Bogotá: Diario Oficial de la República de Colombia; 2007.
16. Jorion P. Value at risk: The new benchmark for managing financial risk, volumen 3. Nueva York: McGraw-Hill; 2007.
17. Castilla M, Mendoza A. Diseño de una metodología para la identificación y medición del riesgo operativo. Bogotá: Universidad de los Andes; 2008.
18. Medina S, Restrepo J. Estimación de la utilidad en riesgo de una empresa de transmisión de energía eléctrica considerando variables económicas. *Cuadernos de Economía*. 2013; 32: 103-36.
19. Wu D, Olson D. Enterprise risk management: a DEA VaR approach in vendor selection. *International Journal of Production Research*. 2010; 48 (16): 4919-32.
20. Restrepo J, Medina S. Estimación del riesgo operativo bajo ambiente de incertidumbre: estudio de caso. *Revista Internacional Administración & Finanzas (RIAF)*. 2014; 7 (7): 39-54.
21. Smithson C. *Managing financial risk: A guide to derivative products, financial engineering and value maximization*. Nueva York: McGraw-Hill; 1998.



22. Bühlmann H. *Mathematical methods in risk theory*, volumen 172. Springer Science & Business Media; 1970.
23. Aue F, Kalkbrener M. *LDA at Work*. Deutsche Bank; 2007.
24. Akkizidis I, Bouchereau V. *Guide to optimal operational risk and Basel II*. CRC Press; 2005.
25. Dutta K, Perry J. *A tale of tails: an empirical analysis of loss distribution models for estimating operational risk capital*. Boston: Federal Reserve Bank of Boston; 2006.
26. Böcker K, Klüppelberg C. *Modelling and measuring multivariate operational risk with Lévy copulas*. *Journal of Operational Risk*. 2008; 3: 3-27.
27. Degen M, Embrechts P, Lambrigger D. *The quantitative modeling of operational risk: between g-and-h and EVT*. *Astin Bulletin*. 2007; 37: 265-91.
28. Rachev A, Chernobal S. *Applying robust methods to operational risk modeling*. *Journal of Operational Risk*. 2006; 1: 27-41.
29. Peters G, Shevchenko P, Wuthrich M. *Dynamic operational risk: modeling dependence and combining different sources of information*. *The Journal of Operational Risk*. 2009; 4: 69-104.
30. Baud N, Frachot A, Roncalli T. *Internal data, external data and consortium data for operational risk measurement: How to pool data properly?* Francia: Groupe de Recherche Operationnelle, Credit Lyonnais; 2002.
31. Frachot A. *Loss distribution approach in practice* [Internet]; 2003. Disponible en: <http://www.thierry-roncalli.com/download/lda.pdf>
32. Cruz M. *Operational risk modelling and analysis: Theory and practice*. Londres: Incisive Media Investments Limited - Book Risk; 2004.
33. Marshall CL, Marshall DC. *Measuring and managing operational risks in financial institutions: tools, techniques, and other resources*. Wiley; 2001.
34. Evans J, Olson D. *Introduction to Simulation and Risk Analysis*. Prentice Hall; 1998.
35. Fiorito F. *La simulación como una herramienta para el manejo de la incertidumbre*. Buenos Aires: Universidad del CEMA; 2006.
36. Shevchenko P, Wüthrich MV. *The structural modelling of operational risk via Bayesian inference: Combining loss data with expert opinions*. *The Journal of Operational Risk*. 2006; 1 (3): 3-26.
37. Medina S, Restrepo J. *Estimación de la utilidad en riesgo de una empresa de transmisión de energía eléctrica considerando variables económicas*. *Cuadernos de Economía*. 2003; 32 (59): 103-37.
38. Retting R, Ferguson S, McCartt AT. *A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes*. *American Journal of Public Health*. 2003; 93 (9): 1456-63.
39. World Health Organization. *European status report on road safety: towards safer roads and healthier transport choices*. World Health Organization, Regional Office for Europe; 2009.
40. Haddon W. *Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy*. *Public Health Reports*. 1980; 95 (5).
41. Banco Mundial. *Análisis de la capacidad de gestión de la seguridad vial: Colombia*, Fondo Mundial para Seguridad Vial-Global Road Safety Facility. Bogotá: World Bank LAC; 2013.