



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones

**PROYECCIONES DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL CANTÓN
CUENCA USANDO UN MODELO DE SERIES TEMPORALES ARIMA**

TESIS

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

Ingeniera Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones

Presentan

Camila Conde Ochoa

Ariana E. Rodríguez Álvarez

Director

MSc. Christian M. Moyano Tobar

Cuenca, Ecuador, 2021.

DEDICATORIA

“A veces los viajes nos marcan más por las personas que nos acompañaron que por lo que pudimos vivir en ellos.”

A mis padres Jenny y Noydán y a mis hermanos Roberto y Gabriel por su constante apoyo, su confianza, paciencia y amor. A mis amigos Juan José, Daniel, Sebastián, Patricia y Ariana por estar siempre a mi lado. A todos los que me acompañaron en este caminar y me ayudaron a ser mejor cada día; este pequeño triunfo también es suyo.

Camila Conde Ochoa

Dedico el presente trabajo a mi padre, Wilson Eduardo, por ser el pilar más importante en mi vida y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi madre, Juana Lucía, que a pesar de la distancia física desde el cielo me has cuidado siempre y ayudado a encontrar el camino correcto, y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntas, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi hermano, Sebastián Mateo, por siempre estar presente acompañándome. A mi pequeño, Martín Alejandro, por ser mi motor, inspiración e impulso para no desistir en el día a día y poder alcanzar este sueño que ahora es realidad. A mis amigos Juan José, David, Daniel, Camila, Ariana, Patricia por acompañarme en estos años de aprendizaje, por todas las experiencias compartidas las llevaré en el corazón por siempre.

Ariana E. Rodríguez Álvarez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a nuestro mentor y amigo Ing. Christian Moyano Tobar, por su constante apoyo, entusiasmo y dedicación para llevar a cabo este proyecto. A la Empresa de Movilidad Tránsito y Transporte de la Municipalidad de Cuenca por los aportes brindados. Finalmente, a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay y sus docentes quienes nos acompañaron durante estos maravillosos años de carrera universitaria.

Camila y Ariana

RESUMEN

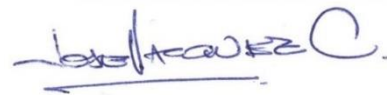
Proyecciones de accidentes de tránsito en el cantón cuenca usando un modelo de series temporales ARIMA

Los accidentes de tránsito representan la sexta causa de muerte en el Ecuador. Además del sufrimiento que traen consigo, constituyen un grave problema de salud pública y desarrollo que implica altos costos para el Estado, es por ello que, la presente investigación tiene como objetivo elaborar un modelo de proyecciones de accidentes de tránsito en el cantón Cuenca que sirva a las autoridades para la toma de decisiones que planteen soluciones al problema de accidentalidad. Para el análisis se establecieron cuatro fases principales: zonificación del cantón, análisis estadístico descriptivo, proyección de series temporales a través de un modelo ARIMA e identificación de los parámetros más relevantes al momento de implementar medidas en materia de seguridad vial.

Palabras clave: accidentalidad, modelo ARIMA, análisis estadístico descriptivo, seguridad vial.



Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar
Director de Trabajo de Titulación



Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela



Camila Conde Ochoa
Autora



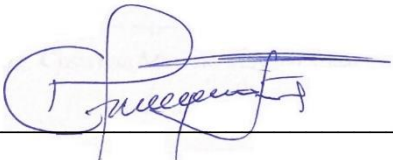
Ariana Elizabeth Rodríguez Álvarez
Autora

ABSTRACT

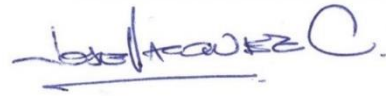
Projections of traffic accidents in Cuenca using an ARIMA time series model

Traffic accidents represent the sixth leading cause of death in Ecuador. In addition to the suffering that they bring with them, they constitute a serious public health and development problem that implies high costs for the State. That is why the present research aims to develop a model of traffic accidents projections in Cuenca that serves the authorities to make decisions that propose solutions to the accident rate problem. For the analysis, four main phases were established: canton zoning, descriptive statistical analysis, projection of time series through an ARIMA model, and identification of the most relevant parameters at the time of implementing road safety measures.

Keywords: accident rate, ARIMA model, descriptive statistical analysis, road safety.



Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar
Thesis director



Ing. José Fernando Vázquez Calero
Faculty Director



Camila Conde Ochoa
Author



Ariana Elizabeth Rodríguez Álvarez
Author



ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
ALCANCE.....	2
ESTADO DEL ARTE.....	3
CAPÍTULO 1	8
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ACCIDENTALIDAD EN EL CANTÓN CUENCA	8
1.1. Definición del Área de Estudio	8
1.2. Conceptos y categorización de accidentes de tránsito	10
1.2.1. Definición de accidente de tránsito	10
1.2.2. Causas de accidentes de tránsito	12
1.2.3. Categorización de actores involucrados en un accidente de tránsito	14
1.2.4. Categorización de vehículos involucrados en un accidente de tránsito	15
1.2.5. Categorización de los accidentes de tránsito.....	17
1.3. Métodos de análisis estadísticos y matemáticos	26
1.3.1. Estadística descriptiva.....	26
1.3.2. Series temporales	34
1.3.3. Ajuste de datos	39
1.4. Organismos de Control de Tránsito en el cantón Cuenca	41

1.4.1.	Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial.....	41
1.4.2.	Comisión de Tránsito del Ecuador	42
1.4.3.	Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte de la Municipalidad del cantón Cuenca.....	43
1.4.4.	Oficina de Investigación de Accidentes de Tránsito.....	43
1.4.5.	Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito.....	43
1.4.6.	Ministerio de Transporte y Obras Públicas	44
CAPÍTULO 2		45
EVALUACION ACTUAL DE LA ACCIDENTALIDAD DE TRANSITO EN EL CANTON CUENCA.....		
2.1.	Metodología	45
2.2.	Estado Actual de la seguridad vial en el cantón Cuenca.....	47
2.2.1.	Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Municipalidad del Cantón Cuenca	48
2.2.2.	Recopilación de Información de Accidentes de Tránsito en el Cantón Cuenca	49
2.3.	Indicadores Utilizados en el Estudio Científico de la Accidentalidad de Tránsito en el Cantón Cuenca.....	50
2.3.1.	Índices con respecto a la población.....	51
2.3.2.	Índices con respecto al parque vehicular	52
2.4.	Caracterización de la Accidentalidad en el Cantón Cuenca.....	53

2.4.1.	Análisis de Índices de siniestralidad	53
2.4.2.	Análisis de Índices de Incidentalidad.....	58
2.4.3.	Siniestralidad por Parroquias Rurales	59
2.4.4.	Siniestralidad por Parroquias Urbanas	65
2.4.5.	Incidentalidad por Parroquias Rurales	70
2.4.6.	Incidentalidad por Parroquias Urbanas	74
2.4.7.	Comportamiento de la Siniestralidad por años	78
2.4.8.	Comportamiento de la Incidentalidad por años	81
2.4.9.	Siniestralidad por día de la semana y por hora del día.....	82
2.4.10.	Incidentalidad por día de la semana y por hora del día.....	85
2.4.11.	Tipologías de siniestralidad	88
2.4.12.	Tipologías de incidentalidad	90
2.4.13.	Siniestralidad por meses del año y principales causas	92
2.4.14.	Incidentalidad por meses del año y principales causas	94
2.4.15.	Siniestros por tipo de vehículo y servicio vehicular	96
2.4.16.	Siniestros por tipo de participante, edad y sexo	98
CAPÍTULO 3		107
MODELO MATEMÁTICO DE PROYECCIONES DE ACCIDENTES DE TRANSITO.....		107
3.1.	Modelo ARIMA.....	107
3.1.1.	Metodología Modelo ARIMA en R Studio.....	107

3.2.	Proyección del número de accidentes hasta el año 2026	111
3.3.	Proyección del número de fallecidos en accidentes de tránsito hasta el 2026	122
CAPÍTULO 4		127
PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA DISMINUIR EL INDICE DE		
ACCIDENTALIDAD		127
4.1.	Identificación de medidas de prevención y buenas practicas aplicadas en otros países	127
4.1.1.	Medidas de prevención de accidentes de tránsito aplicadas en España	128
4.1.2.	Medidas de prevención de accidentes de tránsito aplicadas en Chile	132
4.1.3.	Medidas de prevención de accidentes de tránsito aplicadas en Colombia	135
4.2.	Campañas de prevención y reducción de accidentes de tránsito aplicadas en el cantón Cuenca.....	138
4.3.	Factores clave en el planteamiento de medidas para la disminución de accidentes de tránsito en el cantón Cuenca	144
CONCLUSIONES		152
RECOMENDACIONES.....		155
REFERENCIAS		157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	3
Figura 2	5
Figura 1. 1.	9
Figura 1. 2.	10
Figura 1. 3.	12
Figura 1. 4.	18
Figura 1. 5.	18
Figura 1. 6.	19
Figura 1. 7.	19
Figura 1. 8.	20
Figura 1. 9.	20
Figura 1. 10.	21
Figura 1. 11.	21
Figura 1. 12.	22
Figura 1. 13.	22
Figura 1. 14.	23
Figura 1. 15.	23
Figura 1. 16.	24
Figura 1. 17.	24
Figura 1. 18.	25
Figura 1. 19.	25

Figura 1. 20.	27
Figura 1. 21.	29
Figura 1. 22.	29
Figura 1. 23.	30
Figura 1. 24.	33
Figura 1. 25.	34
Figura 1. 26.	35
Figura 2. 1.	47
Figura 2. 2.	54
Figura 2. 3.	54
Figura 2. 4.	55
Figura 2. 5.	56
Figura 2. 6.	57
Figura 2. 7.	57
Figura 2. 8.	58
Figura 2. 9.	59
Figura 2. 10.	60
Figura 2. 11.	61
Figura 2. 12.	62
Figura 2. 13.	63
Figura 2. 14.	64
Figura 2. 15.	66
Figura 2. 16.	67

Figura 2. 17.	68
Figura 2. 18.	69
Figura 2. 19.	70
Figura 2. 20.	71
Figura 2. 21.	72
Figura 2. 22.	73
Figura 2. 23.	74
Figura 2. 24.	75
Figura 2. 25.	76
Figura 2. 26.	77
Figura 2. 27.	78
Figura 2. 28.	79
Figura 2. 29.	80
Figura 2. 30.	80
Figura 2. 31.	81
Figura 2. 32.	82
Figura 2. 33.	83
Figura 2. 34.	85
Figura 2. 35.	86
Figura 2. 36.	88
Figura 2. 37.	89
Figura 2. 38.	90
Figura 2. 39.	91

Figura 2. 40.	91
Figura 2. 41.	93
Figura 2. 42.	93
Figura 2. 43.	95
Figura 2. 44.	96
Figura 2. 45.	97
Figura 2. 46.	98
Figura 2. 47.	99
Figura 2. 48.	100
Figura 2. 49.	100
Figura 2. 50.	101
Figura 2. 51.	102
Figura 2. 52.	103
Figura 2. 53.	104
Figura 2. 54.	105
Figura 2. 55.	106
 Figura 3. 1.	 108
Figura 3. 2.	111
Figura 3. 3.	112
Figura 3. 4.	112
Figura 3. 5.	113
Figura 3. 6.	114

Figura 3. 7.	114
Figura 3. 8.	115
Figura 3. 9.	116
Figura 3. 10.	116
Figura 3. 11.	117
Figura 3. 12.	118
Figura 3. 13.	118
Figura 3. 14.	119
Figura 3. 15.	119
Figura 3. 16.	120
Figura 3. 17.	120
Figura 3. 18.	121
Figura 3. 19.	122
Figura 3. 20.	123
Figura 3. 21.	123
Figura 3. 22.	124
Figura 3. 23.	124
Figura 3. 24.	125
Figura 3. 25.	125
Figura 3. 26.	126
 Figura 4. 1.	 140
Figura 4. 2.	141

Figura 4. 3.	142
Figura 4. 4.	143
Figura 4. 5.	144
Figura 4. 6.	145
Figura 4. 7.	146
Figura 4. 8.	147
Figura 4. 9.	147
Figura 4. 10.	148
Figura 4. 11.	148
Figura 4. 12.	149
Figura 4. 13.	149
Figura 4. 14.	150
Figura 4. 15.	150
Figura 4. 16.	151
Figura 4. 17.	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	4
Tabla 1. 1.	17
Tabla 2. 1.	49
Tabla 2. 2.	53
Tabla 2. 3.	56
Tabla 2. 4.	58
Tabla 2. 5.	59
Tabla 2. 6.	83
Tabla 2. 7.	84
Tabla 2. 8.	86
Tabla 2. 9.	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	30
Ecuación 2.....	31
Ecuación 3.....	31
Ecuación 4.....	32
Ecuación 5.....	32
Ecuación 6.....	32
Ecuación 7.....	36
Ecuación 8.....	37
Ecuación 9.....	37
Ecuación 10.....	39
Ecuación 11.....	39
Ecuación 12.....	40
Ecuación 13.....	40
Ecuación 14.....	40
Ecuación 15.....	40
Ecuación 16.....	51
Ecuación 17.....	52
Ecuación 18.....	52
Ecuación 19.....	52
Ecuación 20.....	52
Ecuación 21.....	52

INTRODUCCIÓN

Cada año, los accidentes de tránsito son la causa de muerte de aproximadamente 1,3 millones de personas en todo el mundo. El 93% de muertes por accidentes de tránsito se produce en países de ingresos bajos y medianos, que solo cuentan con el 54% de vehículos matriculados en el mundo (Pietraski, 2017). El cantón Cuenca, no ajeno a esta realidad, ha registrado un total de 444 siniestros, 38 personas fallecidas y 454 lesionadas en el año 2020, siendo una zona con un sensible problema de accidentalidad debido fundamentalmente al crecimiento acelerado del parque automotor.

Adicionalmente, la transición en la gestión por parte de los Organismos de Control de Tránsito generó desorientación al momento de levantar información de accidentalidad, todo esto se traduce en la falta de una base de datos amplia y concisa, en donde se pueda registrar de manera correcta la información referente a accidentalidad dificultando la toma de decisiones en cuanto a gestión y planificación de tránsito y transporte en el área de influencia media y directa de Cuenca.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un modelo predictivo de accidentalidad en el cantón Cuenca para identificar las principales causas que afectan a la población, de modo que sirva como guía para plantear medidas de prevención y reducción de accidentes de tránsito.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis estadístico descriptivo a partir de datos proporcionados por la EMOV EP, con el fin de determinar las principales causas y actores involucrados en los accidentes de tránsito del cantón.

- Determinar cuál es la zona de mayor accidentalidad mediante mapas de calor, con el propósito de plantear estrategias para su mitigación.
- Desarrollar un análisis de series temporales mediante el modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) a fin de obtener una proyección de accidentalidad para el periodo 2021 - 2026.

ALCANCE

El nivel de conocimiento que se pretende generar con este proyecto, inicia a partir de una investigación profunda sobre los conceptos, categorización y principales causas de accidentes de tránsito, a través de normas nacionales e internacionales y publicaciones referentes a la ingeniería de transporte.

Dentro de este orden de ideas, se realiza la tabulación y procesamiento de la información obtenida por parte de la EMOV EP mediante estadística descriptiva, con el objetivo de identificar la incidencia de las diferentes variables involucradas en la ocurrencia de un accidente de tránsito. Para completar este análisis, se zonifica debidamente el cantón Cuenca por parroquias y se determina el área con mayor índice de accidentalidad.

Posteriormente, se estudia el estado actual de la accidentalidad en el cantón Cuenca con datos que comprenden el periodo 2016 – 2020. Empleando el método ARIMA y con la ayuda del software estadístico R, se realizan proyecciones de series de tiempo, las cuales permiten estimar el número de accidentes de tránsito y fallecidos producto de los mismos para los próximos cinco años, es decir hasta el año 2026.

Como producto final se propondrán medidas de prevención y reducción de accidentes de tránsito con víctimas mortales en el área de influencia media y directa del cantón Cuenca, basándonos en

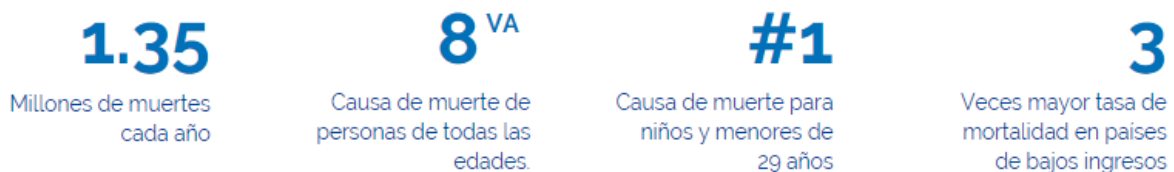
recomendaciones de organismos internacionales y alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la seguridad vial.

ESTADO DEL ARTE

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su informe sobre la situación mundial de seguridad vial emitido en 2018, indica que cada año se producen en todo el mundo aproximadamente 1,35 millones de muertes por accidentes de tránsito (3000 muertes diarias aproximadamente), ubicándose entre las primeras ocho causas de decesos a nivel mundial en personas de todas las edades.

Figura 1

Cifras del informe sobre la situación mundial de seguridad vial.



Nota. Adaptado por las autoras. Tomado de *Global Status Report* (p. 21), OMS, 2018.

Los países que poseen ingresos medios y bajos, son los que mayor número de accidentes de tránsito registran, a diferencia de los que perciben ingresos altos, aunque para cada uno de ellos la accidentalidad representa un 3% del PIB debido a que destinan gran cantidad de recursos económicos al estudio de este problema mediante la adopción y aplicación de nuevas medidas para evitar accidentes y muertes. Según la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Municipalidad del cantón Cuenca, se registraron 120 fallecidos y 2251 heridos por accidentes de tránsito en los últimos tres años.

La conducción a exceso de velocidad, bajo efectos de alcohol, la no utilización del cinturón de seguridad, del casco para motociclistas, la silla de retención de niños; y la distracción provocada

por el uso de teléfonos móviles, son los principales factores en los que se debe trabajar para reducir las estadísticas mundiales.

Tabla 1

Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas relacionados con la seguridad vial

Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas relacionados con la seguridad vial	
	ODS 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades. Meta 3.6: De aquí a 2020, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo.
	ODS 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles Meta 11.2: De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

Nota. Adaptado por las autoras. Tomado de *Salve vidas – Paquete de medidas técnicas de seguridad vial* (p. 11), OMS, 2017.

Por su parte la OMS, ha fijado una meta ambiciosa para el 2030 en el marco del Desarrollo Sostenible con respecto a la vialidad, la cual consiste en reducir a la mitad, el número de lesiones y defunciones por accidentes de tránsito en todo el mundo, mediante la planificación y aplicación de políticas de seguridad vial basadas en el “Paquete de medidas técnicas sobre seguridad vial”, la cual es una reseña de medidas basadas en pruebas científicas que pueden reducir significativamente el número de defunciones y lesiones por accidentes de tránsito, centrándose principalmente en la gestión de la velocidad, el liderazgo, el diseño y mejoramiento de la infraestructura, las normas de seguridad de los vehículos, el cumplimiento de las normas de tránsito y la supervivencia tras los accidentes.

En Cuenca, la Universidad Politécnica Salesiana en la tesis de los autores Marcos Salinas y Luis Vele (2014), realizó un estudio científico de accidentalidad en el cual, a través de un análisis estadístico descriptivo examinaron las principales causas que provocan los accidentes de tránsito, tomando en cuenta las condiciones y el tipo de vehículos que circulan en el cantón para posteriormente identificar soluciones y reducir cifras de accidentalidad. De acuerdo al estudio realizado en el año 2014, se sabe que la principal causa de accidentalidad de tránsito es la impericia/imprudencia del conductor, y la siguiente es la embriaguez del mismo.

Figura 2

Informe estadístico 2020 – EMOV EP



Nota. Adaptado por las autoras. Tomado de *Reporte estadístico marzo 2021*. (p. 1-3), EMOV EP, 2021.

Como medidas de prevención y disminución de dichos sucesos se propuso implementar radares en las avenidas de mayor tráfico como la Av. De las Américas, Av. Ordoñez Lazo, Panamericana Norte y Sur y en la Av. Gil Ramírez Dávalos, capacitar a los Agentes de Tránsito y demás personal de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Municipalidad del cantón Cuenca; además de analizar medidas implementadas a nivel internacional en países como España y Estados Unidos, dado que son dos de los países que han logrado un importante descenso de las cifras de accidentalidad y mortalidad en las vías con el fin de adaptarlas a las necesidades del cantón en análisis. (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014)

En el 2016, la Universidad Internacional SEK caracterizó las principales causas de fallecimientos por accidentes de tránsito (AT) en Ecuador, en donde se evidenció una tendencia ascendente de

accidentalidad y mortalidad, siendo el arrollamiento-atropello a peatones y choques frontales entre vehículos las tipologías más frecuentes ocurridas en las principales provincias del país. La mayor causa que se atribuye a los decesos por AT es la imprudencia por parte del conductor y peatón al irrespetar las señales de tránsito.

Además, se observó que los meses de mayor número de fallecimientos coinciden con los periodos vacacionales, y de igual manera los fines de semana por lo que se sugirió incrementar los controles por parte de los organismos encargados siendo estos la ANT y la Policía Nacional. Conociendo las alarmantes cifras de mortalidad a nivel nacional por siniestros de tránsito, sumado a que estas se han catalogado como un problema de salud pública en el Ecuador, se plantearon diversas soluciones (A. Gómez et al., 2016). Cabe recalcar que una de las principales limitaciones del estudio fue la imposibilidad de disponer de información que hubiera permitido determinar otras variables como los fallecidos por sexo, grupo de edad, censo de conductores, reincidencia en los accidentes, señalización, características de las vías, así como otras causas que influyeron en la ocurrencia de los AT.

A nivel internacional, se puede evidenciar el caso del país de Túnez, el cual, debido a la falta de leyes claras y fiables en cuanto a seguridad vial, se ha visto seriamente afectado por un índice elevado de mortalidad en accidentes de tránsito. Es por ello que, en el año 2018, las Universidades de Susa, Túnez y Sfax, llevaron a cabo una investigación a través del análisis de series cronológicas de accidentes de tránsito, lo que permitió identificar los factores de mayor relevancia asociados a la frecuencia de accidentes de tránsito. El modelo utilizado para dicho estudio fue el método ARIMA, debido a que se ajusta a los requerimientos antes mencionados, posibilitando una mejor toma de decisiones e implementación de medidas que permitan regular el tránsito y mejorar la seguridad vial del país a corto, mediano y largo plazo. Las proyecciones obtenidas presentaron una

notable disminución de accidentes de tránsito considerando varios factores propios de Túnez (Ghedira et al., 2018).

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ACCIDENTALIDAD EN EL CANTÓN CUENCA

1.1. Definición del Área de Estudio

En el presente trabajo se analizará la accidentalidad de todo el territorio que comprende el cantón Cuenca, el cual está ubicado en la región centro sur del Ecuador y es la capital de la provincia del Azuay, siendo el tercer cantón más poblado del país con un total de 636 996 habitantes hasta el 2020 según estadísticas de crecimiento poblacional realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

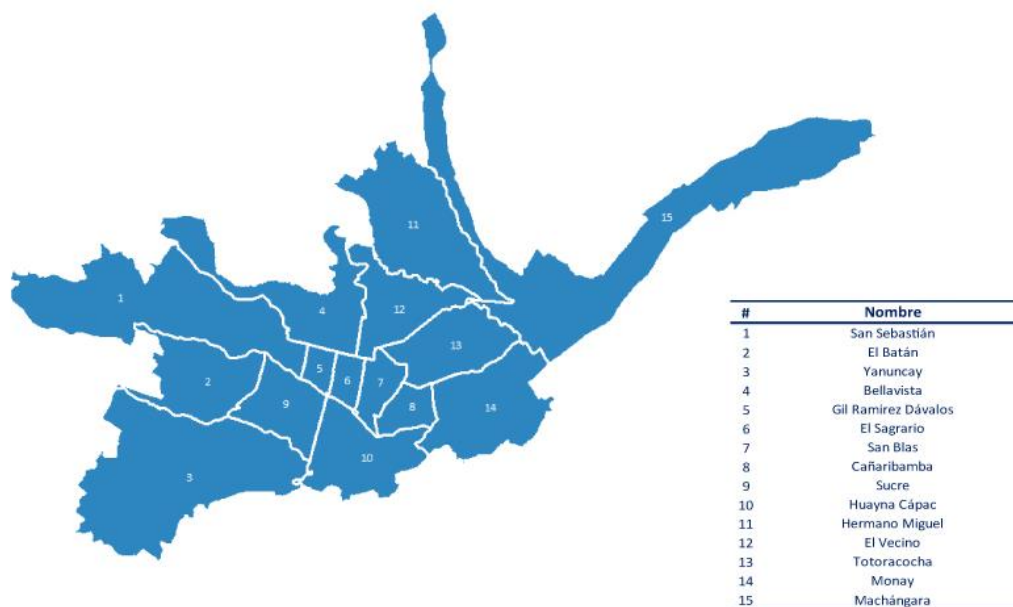
El cantón Cuenca desde el punto de vista administrativo se divide por parroquias urbanas (**Figura 1. 1.**) que representan el 2% del territorio, y las rurales (**Figura 1. 2.**) que ocupan el 98% restante, conformando un total de 15 y 21 respectivamente. El sector urbano está formado por las parroquias de: San Sebastián, El Batán, Yanuncay, Bellavista, Gil Ramírez, El Sagrario, San Blas, Cañaribamba, Sucre, Huayna Cápac, Hermano Miguel, El Vecino, Totoracocha, Monay y Machángara; y la superficie rural comprende las parroquias de: Molleturo, Chaucha, Sayausí, Chiquintad, Checa, San Joaquín, Baños, Sinincay, Octavio Cordero, Sidcay, Llacao, Ricaurte, Cuenca, Paccha, Nulti, Turi, El Valle, Santa Ana, Tarqui, Victoria del Portete, Cumbe y Quingeo.

La finalidad de este estudio es analizar la accidentalidad registrada en los últimos años en la zona descrita anteriormente, de modo que se pueda conocer el estado de la seguridad vial en el cantón y a partir de esto tomar decisiones que planteen soluciones al problema que afecta a los actores ciudadanos del mismo.

Figura 1. 1.

Parroquias urbanas de cantón Cuenca.

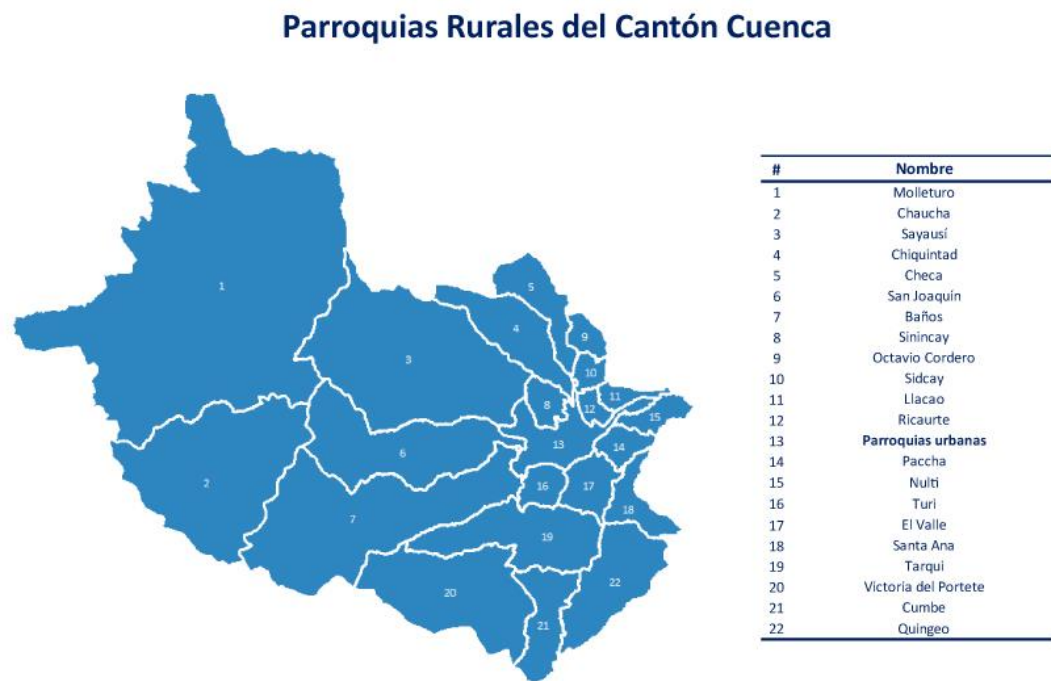
Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 1. 2.

Parroquias Rurales del Cantón Cuenca



Nota. Elaborado por las autoras.

1.2. Conceptos y categorización de accidentes de tránsito

1.2.1. Definición de accidente de tránsito

Los accidentes de tránsito son una problemática común a nivel mundial, por lo tanto, su definición varía dependiendo del autor o de la normativa de cada país. En Ecuador, el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial describe a un accidente de tránsito como:

Todo suceso eventual o acción involuntaria, que como efecto de una o más causas y con independencia del grado de estas, ocurre en vías o lugares destinados al uso público o privado, ocasionando personas muertas, individuos con lesiones de diversa gravedad o

naturaleza y daños materiales en vehículos, vías o infraestructura, con la participación de los usuarios de la vía, vehículo, vía y/o entorno. (Asamblea General Constituyente, 2012, p. 76)

Otros autores han afirmado lo siguiente:

El accidente de tránsito es un acontecimiento donde participan elementos que conforman el tránsito: humano, vía y vehículo; ocurre en vías públicas y ocasiona defunciones, lesiones de diversa gravedad o naturaleza y daños materiales en los vehículos, vías y propiedad privada. (Medina et al., 2017, p. 11)

De modo que, los accidentes de tránsito son sucesos imprevistos producidos por la intervención de uno o más vehículos en las vías que producen daños materiales o lesiones a personas e incluso el fallecimiento de las mismas. Un accidente de tránsito es fortuito o de fuerza mayor cuando la posibilidad de evitar el siniestro está fuera del control del hombre, en otras palabras, la relación hombre-causa y efecto es inexistente. (Medina et al., 2017)

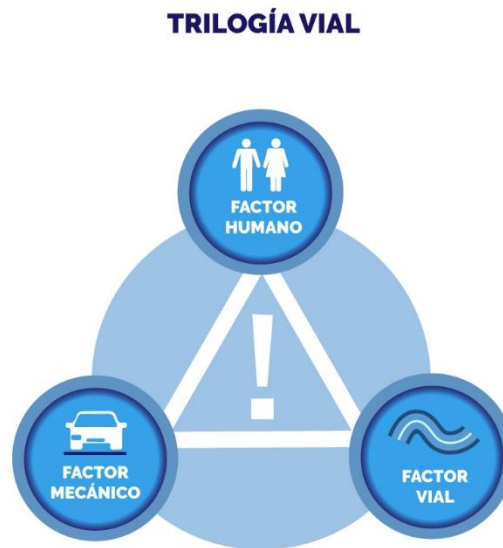
En un accidente de tránsito intervienen tres factores que se interrelacionan de modo sincrónico, estos son el humano, el mecánico y el vial o ambiental. La seguridad vial depende de que esta trilogía (**Figura 1. 3.**) actúe armónicamente. (*Ecuador Con Nueva Tipología de Accidentes*, n.d.)

Factor humano: Interactúan en función de percepción de la información del entorno, su capacidad de procesar dicha información y emitir respuestas acertadas y oportunas.

Factor mecánico: El vehículo con todos sus mecanismos y componentes.

Factor vial o ambiental: La vía y las condiciones ambientales.

Figura 1. 3.
Trilogía vial.



Nota. Factores básicos de los cuales depende la seguridad vial. Adaptado por las autoras. Tomado de (www.ecuador-vial.com). En el dominio público.

La Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Municipalidad del Cantón Cuenca divide a los accidentes en dos tipos: siniestros e incidentes. La diferencia radica en la gravedad de la situación, comúnmente un siniestro provoca daños moderados o graves por lo que es necesario iniciar un proceso judicial.

1.2.2. Causas de accidentes de tránsito

En tránsito, la causa necesariamente se asocia al efecto producido. Con una debida investigación del accidente de tráfico, es posible determinar la causa fundamental que lo provocó (causa basal) y los factores que contribuyeron al siniestro (causa concurrente) (Medina et al., 2017). El Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial nos proporciona las siguientes definiciones:

Causa basal o eficiente: Es aquella circunstancia que interviene de forma directa en la producción de un accidente de tránsito y sin la cual no se hubiera producido el mismo.

Causas concurrentes o coadyudantes: Son aquellas circunstancias que por sí mismas no producen el accidente, pero coadyuvan a su materialización.

Las causas más comunes de accidentes de tránsito en el país son:

- Adelantar o rebasar a otro vehículo en movimiento en zonas o sitios peligrosos.
- Bajarse o subirse de vehículos en movimiento sin tomar las precauciones debidas.
- Caso fortuito o fuerza mayor.
- Causas desconocidas.
- Condiciones ambientales y/o atmosféricas.
- Conduce bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
- Conducir desatento a las condiciones de tránsito
- Conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (sueño, cansancio y fatiga).
- Conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación.
- Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad.
- Cruce de animales en la vía
- Daños mecánicos previsibles.
- Dejar o recoger pasajeros en lugares no permitidos.
- Dispositivo regulador de tránsito en mal estado de funcionamiento (semáforo).
- Encandilamiento
- Falla mecánica en los sistemas y/o neumáticos.
- Falta de señalización

- Imprudencia del conductor. No respetar las señales reglamentarias de tránsito.
- Imprudencia del peatón. Cruza la calzada sin respetar la señalización existente.
- Mal estacionado.
- Malas condiciones de la vía y/o configuración.
- No ceder el derecho de vía o preferencia de paso a vehículos.
- No ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón.
- No guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos.
- No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.
- No transitar por las aceras o zonas de seguridad destinadas para el efecto.
- Peatón transita bajo influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
- Peso y volumen-no cumplir con las normas de seguridad necesarias al transportar cargas.
- Presencia de agentes externos en la vía (agua, aceite, piedra, lastre, escombros, maderos, etc.).
- Realizar cambio brusco o indebido de carril.

1.2.3. Categorización de actores involucrados en un accidente de tránsito

Con el objetivo de proteger a las personas que se trasladan de un lugar a otro por la red vial del territorio ecuatoriano, se deben tener claras las definiciones brindadas por el Reglamento a Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial de 2016:

Conductor: Es la persona legalmente facultada para conducir un vehículo automotor, y quien guía, dirige o maniobra un vehículo remolcado.

Pasajero: Es la persona que utiliza un medio de transporte para movilizarse de un lugar a otro, sin ser el conductor.

Peatón: Es la persona que transita a pie por las vías, calles, caminos, carreteras, aceras y, las personas con discapacidad que transitan igualmente en vehículos especiales manejados por ellos o por terceros.

Ciclista: Es la persona que transita en bicicleta por las vías, calles, caminos, carreteras y ciclo vías.

1.2.4. Categorización de vehículos involucrados en un accidente de tránsito

Se refiere a la clasificación vehicular dada por la norma NTE INEN 2656:2016 que identifica a los vehículos automotores mediante sus características generales de diseño y uso. Asimismo, estos vehículos se encuentran contemplados en el RLOTTTSV.

Automóvil: Vehículo liviano destinado al transporte de un reducido número de personas.

Bicicleta: Vehículo de tracción humana de dos o más ruedas en línea.

Bus: Vehículo automotor diseñado para el transporte de pasajeros compuesto por un chasis y una carrocería acondicionada para el transporte de pasajeros con una capacidad desde 36 asientos incluido el conductor.

Camión: Vehículo a motor construido especialmente para el transporte de carga, con capacidad de más de 3.500 Kg.

Camioneta: Vehículo a motor construido para el transporte de carga, con capacidad de hasta 3.500 Kg.

Emergencias: El perteneciente a la Policía Nacional o al Cuerpo de Bomberos y las ambulancias de las instituciones públicas o privadas que porten los distintivos especiales determinados para el efecto.

Especial: Vehículos que pertenecen a las categorías M, N u O destinados al transporte de pasajeros o mercancías que cumplen una función adicional y que presentan características especiales tanto en su carrocería o equipamiento. Ejemplos: casa rodante, porta valores, barredor, estación médica móvil, esparcidor de asfalto, sanitario, tractor, entre otros. (NTE INEN 2656:2016)

Furgoneta: Vehículo ligero diseñado para el transporte de pasajeros y mercancías, compuesto por una superestructura integral entre el chasis y la carrocería. Puede tener una capacidad de pasajeros entre 10 y 18 asientos incluido el conductor.

Motocicleta: Vehículo automóvil de dos, tres o cuatro ruedas cuya masa en vacío no excede de 400 kg. de peso. Se incluyen los vehículos con una cilindrada inferior a 50cc. si no están incluidos en la definición de ciclomotor.

Vehículo deportivo utilitario: Vehículo utilitario fabricado con carrocería cerrada o abierta, con techo fijo o desmontable y rígido o flexible. Para cuatro o más asientos en por lo menos dos filas. Los asientos pueden tener respaldos abatibles o removibles para proveer mayor espacio de carga. Con dos o cuatro puertas laterales y apertura posterior. Por su configuración (altura libre del piso, ángulos de ataque, ventral y de salida) generalmente puede ser utilizado en carreteras en mal estado o fuera de ellas. La tracción puede estar en las cuatro ruedas o en dos. Ejemplos: Jeep, todo terreno, entre otros. (NTE INEN 2656:2016)

1.2.5. Categorización de los accidentes de tránsito

La categorización de los accidentes de tránsito se divide en dos factores principales, el factor humano y el del vehículo o mecánico. Las definiciones de cada término están tomadas del glosario de El Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial del Ecuador.

Tabla 1. 1.

Clasificación de accidentes de tránsito.

Factor	Clasificación	Subclasificación
Humano	Atropello	
	Arrollamiento	
	Caída de pasajero	
Mecánico	Choque	Choque frontal longitudinal
		Choque frontal excéntrico
		Choque lateral angular
		Choque lateral perpendicular
		Choque posterior o por alcance
	Estrellamiento	
	Colisión	
	Perdida de pista	
	Volcamiento	Volcamiento lateral
		Volcamiento longitudinal
	Roce	Roce positivo
		Roce negativo
	Razamiento	

Nota. Adaptado por las autoras. Tomado de *Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial* (p. 75-91), AN, 2012.

a) Accidentes relativos al factor humano

- **Atropello:** Impacto de un vehículo en movimiento a un peatón o animal.

Figura 1. 4.

Atropello



Nota. Elaborado por las autoras.

- **Arrollamiento:** Acción por la cual un vehículo pasa con su rueda o ruedas por encima del cuerpo de una persona o animal.

Figura 1. 5.

Arrollamiento



Nota. Elaborado por las autoras.

- **Caída de pasajero:** Es la pérdida de equilibrio del pasajero que produce su descenso violento desde el estribo o del interior del vehículo hacia la calzada.

Figura 1. 6.

Caída de pasajero



Nota. Elaborado por las autoras.

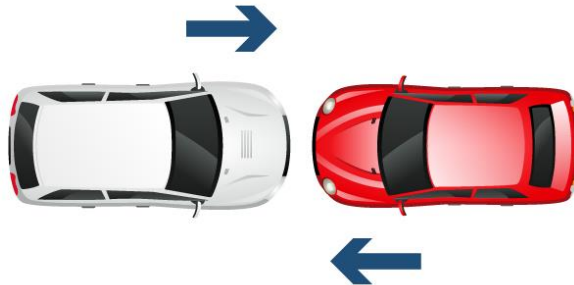
b) Accidentes relativos al factor mecánico

- **Choque:** Es el impacto de dos vehículos en movimiento.

Choque frontal longitudinal: Impacto frontal de dos vehículos, cuyos ejes longitudinales coinciden al momento del impacto.

Figura 1. 7.

Choque frontal longitudinal



Nota. Elaborado por las autoras.

Choque frontal excéntrico: Impacto frontal de dos vehículos, cuyos ejes longitudinales al momento del impacto forman una paralela.

Figura 1. 8.

Choque frontal excéntrico

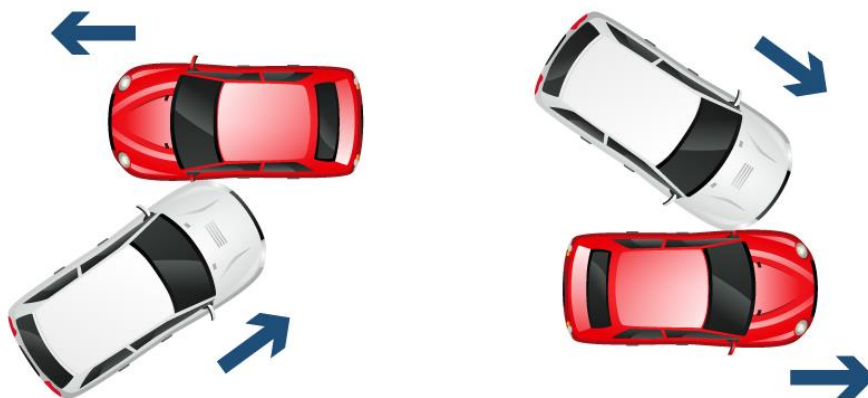


Nota. Elaborado por las autoras.

Choque lateral angular: Es el impacto de la parte frontal de un vehículo con la parte lateral de otro, que al momento del impacto sus ejes longitudinales forman un ángulo diferente a 90 grados.

Figura 1. 9.

Choque lateral angular

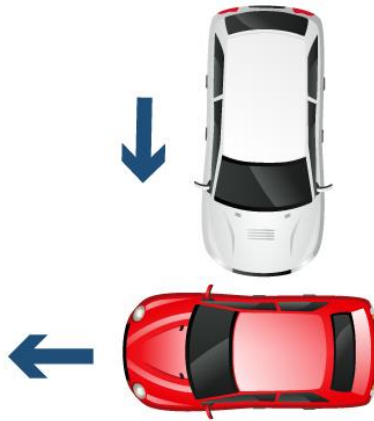


Nota. Elaborado por las autoras.

Choque lateral perpendicular: Es el impacto de la parte frontal de un vehículo contra la parte lateral de otro, que al momento del impacto sus ejes longitudinales forman un ángulo de 90 grados.

Figura 1. 10.

Choque perpendicular excéntrico

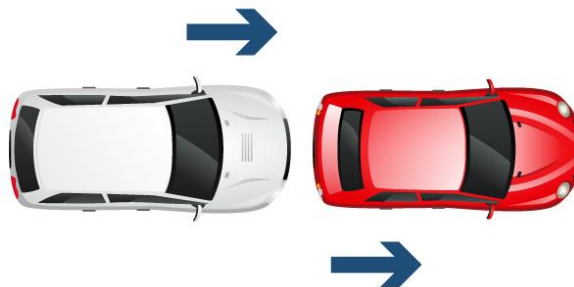


Nota. Elaborado por las autoras.

Choque posterior o por alcance: Es el impacto de un vehículo al vehículo que le antecede.

Figura 1. 11.

Choque posterior o por alcance



Nota. Elaborado por las autoras.

- **Estrellamiento:** Impacto de un vehículo en movimiento contra otro estacionado o contra un objeto fijo.

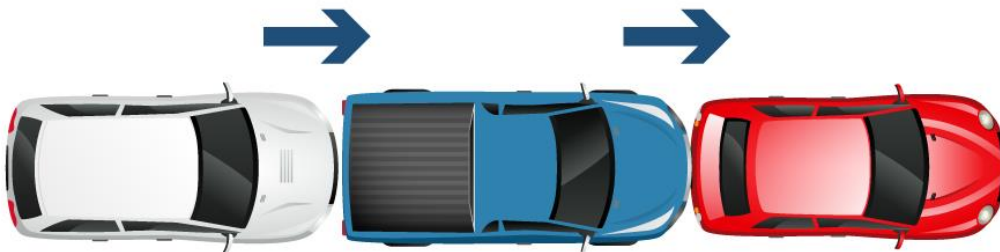
Figura 1. 12.
Estrellamiento



Nota. Elaborado por las autoras.

- **Colisión:** Impacto de más de dos vehículos.

Figura 1. 13.
Colisión



Nota. Elaborado por las autoras.

- **Pérdida de pista o carril:** Es la salida del vehículo de la calzada normal de circulación.

Figura 1. 14.

Pérdida de pista o carril



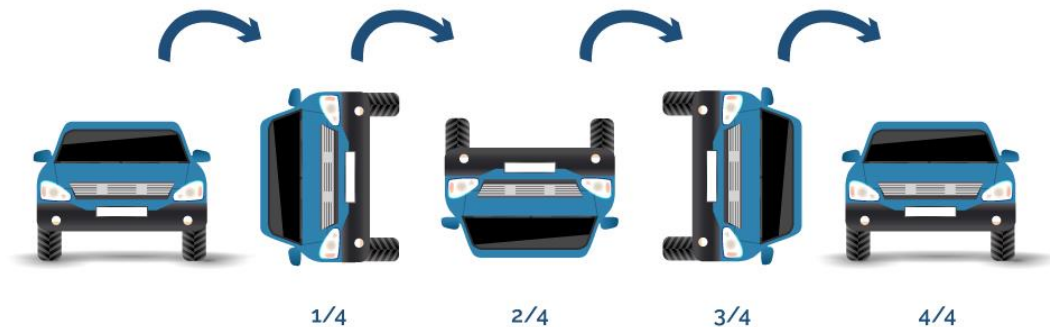
Nota. Elaborado por las autoras.

- **Volcamiento:** Accidente a consecuencia del cual la posición del vehículo se invierte o éste cae lateralmente.

Volcamiento lateral: Es la pérdida de la posición normal del vehículo, por uno de sus laterales, descritos como: 1/4, 2/4, 3/4 o un ciclo completo.

Figura 1. 15.

Volcamiento lateral

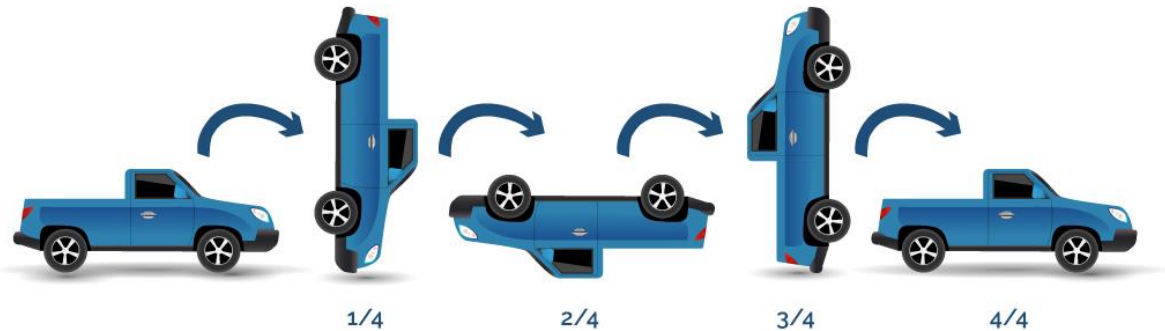


Nota. Elaborado por las autoras.

Volcamiento longitudinal: Es la pérdida de la posición normal del vehículo, en el sentido de su eje longitudinal, descritos como: 1/4, 2/4, 3/4 o un ciclo completo.

Figura 1. 16.

Volcamiento longitudinal



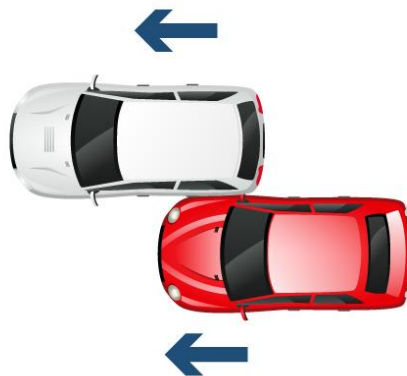
Nota. Elaborado por las autoras.

- **Roce:** Es la fricción de las partes laterales de la carrocería de dos vehículos en movimiento, determinando daños materiales superficiales.

Roce positivo: Cuando los vehículos que intervienen en el roce circulan en sentido contrario.

Figura 1. 17.

Roce positivo.

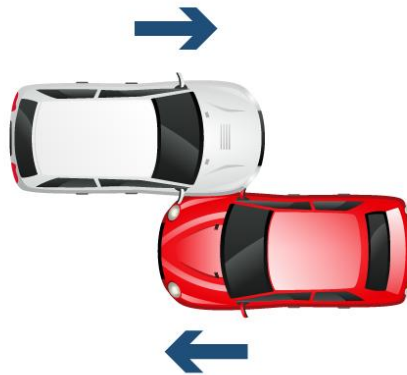


Nota. Elaborado por las autoras.

Roce negativo: Cuando los vehículos que intervienen en el roce circulan en el mismo sentido.

Figura 1. 18.

Roce negativo



Nota. Elaborado por las autoras.

- **Rozamiento:** Es la fricción de la parte lateral de la carrocería de un vehículo en movimiento con un vehículo estacionado o un objeto fijo.

Figura 1. 19.

Rozamiento



Nota. Elaborado por las autoras.

1.3. Métodos de análisis estadísticos y matemáticos

La estadística para este estudio tiene como objetivo producir información sobre la siniestralidad del transporte terrestre en el cantón Cuenca, mediante el procesamiento de datos de accidentes de tránsito registrados por la Empresa Pública de Movilidad, Transito y Transporte de la Municipalidad del cantón Cuenca, contribuyendo con ello a la identificación de los factores más relevantes, además de la planeación y organización del tránsito.

El análisis estadístico y matemático permite recolectar, organizar y caracterizar un conjunto de datos numéricos y de esta manera mostrar de forma sistemática y resumida las distintas variables que presentan dichos datos. A fin de utilizar los procesos de investigación más adecuados para llegar a analizar de manera clara la accidentalidad del cantón y tomar decisiones acertadas.

Mediante el análisis matemático y estadístico podemos conocer y cuantificar los accidentes de tránsito, con el objeto de apoyar los estudios de siniestralidad que se presenta en el tránsito urbano de vehículos automotores. Así mismo, permite conocer y ubicar las zonas de mayor ocurrencia de accidentes, evaluar la situación de seguridad vial, prevenir la ocurrencia de accidentes a partir del conocimiento de las causas determinantes e identificar las carencias en materia de seguridad vial, con el propósito de generar programas integrales que mejoren el tránsito.

En tal sentido, se empezará repasando los conceptos básicos de estadística para luego explicar los métodos que serán empleados en este estudio.

1.3.1. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva o de análisis de datos muestra la estructura y características de los datos en estudio mediante gráficas, tablas y diagramas que se construyen a partir de análisis de medidas de localización, de dispersión y de sesgo. Los métodos de estadística descriptiva ayudan a presentar los datos de modo que sobresalga la estructura (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014).

En este trabajo se utiliza únicamente la estadística descriptiva, para indicar y detallar las características que presentan los datos de accidentes de tránsito.

Figura 1. 20.

Proceso estadístico.



Nota. Descripción gráfica del proceso estadístico. Adaptado por las autoras. *Tomado de Accidentalidad de tránsito en el cantón Cuenca* (p. 25). En el dominio público.

La figura presenta el proceso estadístico que se debe seguir para realizar un análisis de las características de una población en particular.

Población: Es el conjunto que abarca a todos los elementos cuyas características queremos estudiar; dicho de otra manera, es el conjunto al que se desea describir o del que se necesita establecer conclusiones.

Muestra: Es un subconjunto de elementos seleccionados de una población de acuerdo a un plan de acción previamente establecido (muestreo), para obtener conclusiones que pueden ser extensivas hacia toda la población.

Muestreo: Es la técnica que nos permite la obtención de una muestra representativa de la población de donde proviene, esta condición establece que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser incluida en la muestra. (Salazar, 2018)

Inferencia estadística: Es el proceso de hacer predicciones acerca de un todo o tomar decisiones al basarnos en la información recogida en la muestra, por lo tanto, la estadística inferencial se refiere a la rama de la estadística que trata de los procesos inferenciales, la que a su vez comprende la teoría de estimación y prueba de hipótesis (Stredel, 2011).

1.3.1.1. Variables estadísticas

Son distintas características que se analizan y estudian para los elementos que componen la muestra o la población objeto del estudio. Pueden ser principalmente cualitativas (características o atributos) o cuantitativas (pueden expresarse numéricamente) (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014).

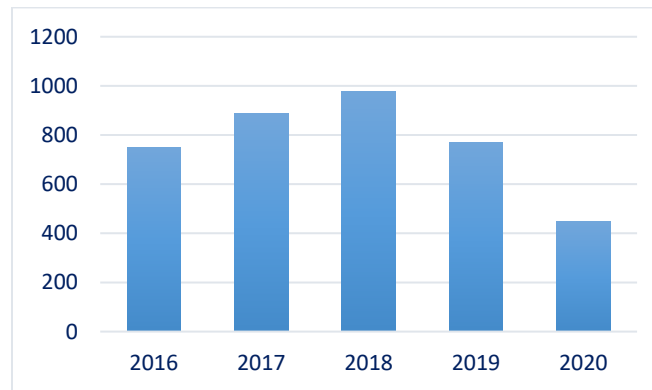
Variables cualitativas: Se refieren a características, cualidades o atributos y no pueden ser medidas numéricamente.

Variables cuantitativas: Son aquellas que se expresan mediante un número, por tanto, se pueden realizar operaciones aritméticas con ellas. Se pueden distinguir dos tipos:

- **Variables cuantitativas discretas:** Toman valores numéricos fijos, es decir no admiten valores intermedios entre dos valores específicos (en la mayoría de ocasiones números enteros).

Figura 1. 21.

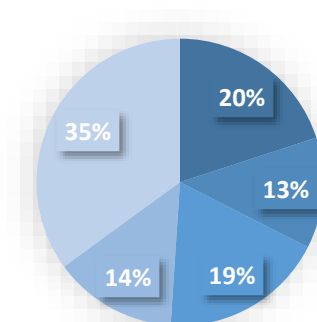
Diagrama de barras



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 1. 22.

Diagrama de sectores

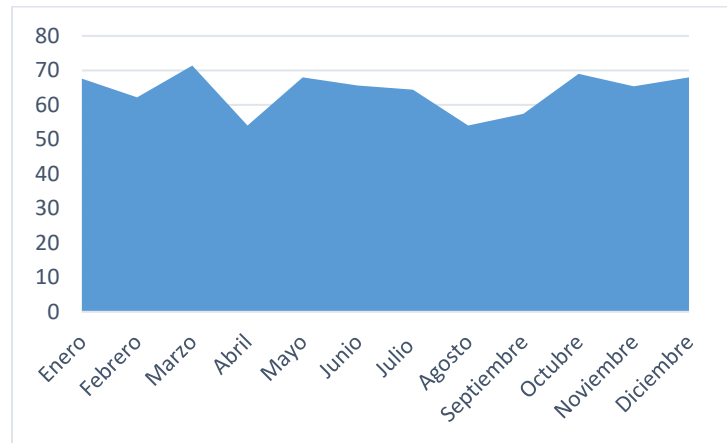


Nota. Elaborado por las autoras.

- **Variables cuantitativas continuas:** Pueden tomar valores comprendidos entre dos números, es decir, cualquier valor de un intervalo (Salazar, 2018).

Figura 1. 23.

Polígono de frecuencias



Nota. Elaborado por las autoras.

1.3.1.2. Medidas de Localización

Se conocen también como medidas de posición, se emplean para medir el grado de dispersión que existe en una distribución. Las más utilizadas son la media, mediana y moda (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014).

Media: Es el promedio o medición de tendencia central de uso más común. Se calcula sumando todas las observaciones de una serie de datos y luego se divide el total entre el número de elemento involucrados.

Ecuación 1

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

La **Ecuación 1** muestra cómo se obtiene el valor de la media, el cual proporciona el promedio de un conjunto de datos o población, valor que es único, es decir, un conjunto de datos tiene

un solo valor de media. Para su cálculo se consideran todos los datos observados, lo que hace que la media sea sensible a la presencia de valores extremos pudiendo ser afectada por ello.

Mediana: Es el valor medio de una secuencia de datos ordenada de menor a mayor. A diferencia de la media esta no se ve afectada por los valores extremos, por lo que en esos casos es recomendable emplear el valor de la mediana.

Ecuación 2

$$\bar{x} = x_{(n+1)/2}$$

Ecuación 3

$$\bar{x} = x_{n/2} + x_{\frac{n}{2}+1}$$

Las ecuaciones antes descritas obtienen el valor de la mediana ya sea de una muestra par o impar. En donde en el primer caso la ubicación del elemento central es directa escogiendo el elemento que ocupa la posición que se obtiene de la **Ecuación 2**. Mientras que, para el segundo caso es necesaria la determinación de dos valores centrales y luego encontrar la media aritmética de estos valores, para ello se debe emplear la **Ecuación 3**.

Moda: Es el valor de una serie de datos que aparece con más frecuencia. Se obtiene fácilmente de una clasificación ordenada. Al igual que la mediana no se ve afectada por valores extremos (Jauregui, 2016).

1.3.1.3. Medidas de dispersión

Las medidas de dispersión nos sirven para indicar cuan cercanos se encuentran los datos de la muestra entre ellos, o cuan cerca se encuentran de alguna medida de posición (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014). Podemos identificar tres medidas de dispersión principales:

Rango: Es un valor numérico que indica la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de una población o muestra estadística. La **Ecuación 4** nos indica cómo obtener el rango.

Ecuación 4

$$Rango = \max(x_i) - \min(x_i)$$

Varianza: Representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

Ecuación 5

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

La **Ecuación 5** muestra cómo se obtiene la varianza, en donde:

- s^2 = varianza
- x_i = cada una de las observaciones
- $\bar{x}$ = media
- n = número total de observaciones de la muestra

Desviación típica: Es otra medida que ofrece información de la dispersión respecto a la media. Su cálculo es exactamente el mismo que la varianza, pero se debe obtener la raíz cuadrada de su resultado, es decir, la desviación típica es la raíz cuadrada de la varianza.

Ecuación 6

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

La **Ecuación 6** muestra cómo obtener la desviación típica, la cual expresa la dispersión de la distribución en las mismas unidades de medida de la variable.

1.3.1.4. Software para análisis de datos estadísticos

Los programas de software que serán utilizados para el correcto procesamiento y análisis de datos obtenidos de la accidentalidad del cantón Cuenca en el periodo 2016-2020, son principalmente Excel y R. Dichos programas facilitarán el manejo de la información debido a su extensión, dando como resultado valores bastante certeros y satisfactorios para el estudio en curso.

Excel: Es un software que forma parte de Microsoft Office y permite organizar datos, elaborar tablas dinámicas, además de realizar su respectivo análisis. Este software nos ayudará para crear tablas y gráficas de fácil interpretación para el análisis de las distintas variables involucradas en este trabajo.

Figura 1. 24.

Logo de Microsoft Excel



Nota. Tomado de <https://windtux.com/llegan-arreglos-dinamicos-excel-office-insider/>

R Project for Statistical Computing: Es un entorno y lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico. Es uno de los programas más utilizados en investigación científica, además de ser dinámico y de fácil entendimiento. Permite a través de series temporales, realizar predicciones a futuro, es por esto que para la proyección de accidentes de

tránsito y número de fallecidos para los próximos cinco años se empleará este programa, dando valores bastante aproximados a la realidad gracias a las funciones y herramientas de las que dispone R.

Figura 1. 25.

Logo de R Project for Statistical Computing



Nota. Tomado de <https://www.pinterest.com/pin/431360470558025680/>

1.3.2. Series temporales

Una serie temporal es una secuencia de n observaciones (datos) ordenadas y recolectadas secuencialmente en el tiempo y equidistantes cronológicamente sobre una característica siendo univariante o escalar, o sobre varias características que convirtiéndose en una serie multivariante o vectorial. La procedencia de una serie temporal viene de un proceso estocástico que es una secuencia de variables aleatorias, ordenadas y equidistantes cronológicamente, referidas a una o a varias características de una unidad observable en diferentes momentos. Dichos procesos estocásticos se clasifican en estacionarios y no estacionarios (Corres et al., 2009).

Procedencia de una serie temporal observada

Proceso estocástico $\dots, Y_{-1}, Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_N, Y_{N+1}, \dots$
Serie temporal $\underbrace{Y_1, Y_2, \dots, Y_N}_{\text{serie temporal}}$

Nota. Tomado de Introducción al Análisis de Series Temporales (p. 10) por Corres et al., 2009.

Procesos estacionarios: Un proceso estocástico (Y_t) es estacionario cuando las propiedades estadísticas de cualquier secuencia finita $Y_{t1}, Y_{t2}, \dots, Y_{tn} (n \geq 1)$ de componentes de (Y_t) son semejantes a las de la secuencia $Y_{t1+h}, Y_{t2+h}, \dots, Y_{tn+h}$ para cualquier número entero $h = \pm 1, \pm 2, \dots$. Por lo tanto, cuando una serie es estacionaria la media y la variabilidad se mantienen constantes a lo largo del tiempo.

Procesos no estacionarios: Un proceso estocástico (Y_t) es no estacionario cuando las propiedades estadísticas de al menos una secuencia finita $Y_{t1}, Y_{t2}, \dots, Y_{tn}$ ($n \geq 1$) de componentes de (Y_t) son diferentes de las de la secuencia $Y_{t1+h}, Y_{t2+h}, \dots, Y_{tn+h}$ para al menos un número entero $h > 0$. A diferencia de los procesos anteriores, para una serie no estacionaria, ya sea la media o la variabilidad cambian a lo largo del tiempo (Corres et al., 2009).

Análisis de series temporales

El análisis de series temporales se utiliza cuando se hacen observaciones en varias ocasiones durante 50 o más periodos de tiempo. Algunos de los objetivos a los que pretende llegar este análisis es el de describir el comportamiento de los datos como la tendencia y estacionalidad e identificar los patrones en la secuencia de números en el tiempo, además de explicar no solo su comportamiento en el pasado sino también predecir futuros patrones de eventos (Rey Graña & Ramil Diaz, 2011).

Modelo Univariante

Un modelo univariante para un proceso estocástico univariante o escalar Y_t es cualquier conjunto de hipótesis bien definidas sobre ciertas propiedades teóricas de las distribuciones de probabilidad (conjuntas, marginales o condicionales) de los componentes del proceso Y_t del que se supone procede una serie temporal observada $(y_t)_{t=1}^N$.

Este tipo de modelo se utiliza en la práctica ya que proporciona una descripción compacta de la precedencia de los datos que conforman una serie temporal escalar, para calcular previsiones a corto plazo de los valores futuros desconocidos de dicha serie, o como punto de partida para analizar posibles relaciones entre dicha serie y otras series (Corres et al., 2009).

- **Modelo de Medias Móviles (MA)**

Un Modelo de Medias Móviles (MA) describe una serie temporal estacionaria. En este modelo el valor actual puede predecirse a partir de la componente aleatoria de este momento y, en menor medida, de los impulsos aleatorios anteriores. El modelo ARIMA (0,0,1), también denotado por MA (1) viene dado por la expresión de la **Ecuación 7**. Un proceso de medias móviles es siempre estacionario.

Ecuación 7

$$x_t = a_t - v_{1(at-1)}$$

- **Modelo Autorregresivo (AR)**

Un Modelo Autorregresivo cuya notación es AR (p), se refiere a un modelo autorregresivo de orden p que describe una clase articular de proceso en que las observaciones en un momento dado son predecibles a partir de las observaciones previas al proceso más un término de error. El caso

más común o simple es el ARIMA (1,0,0) o AR (1) o también llamado de primer orden, un proceso autorregresivo es siempre invertible, cuya expresión matemática es:

Ecuación 8

$$x_t = \phi_1 x_{t-1}$$

- **Modelo Autorregresivo de Medias Móviles (ARMA)**

Un proceso estocástico estacionario sigue un modelo autorregresivo-media móvil de orden (p,q), o ARMA (p,q), el cual representa una extensión natural de los modelos AR(p) y MA(q) que incluye términos de ambos modelos y se define como ARIMA(p,0,q). el modelo ARMA (p,q) es estacionario si lo es su componente autorregresiva, y es invertible si lo es su componente de medias móviles, este modelo viene dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 9

$$x_t(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) = a_t(1 - v_1 B - v_2 B^2 - \dots - v_q B^q)$$

- **Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA)**

El Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles recibe el nombre genérico de ARIMA (AutoRegresive Integrated Moving Average) debido a sus tres componentes AR (Autorregresivo), I (Integrado) y MA (Medias Móviles). El modelo ARIMA permite describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores debidos al azar, además, puede incluir un componente cíclico o estacional. Es decir, debe contener todos los elementos necesarios para describir el fenómeno, por lo que se recomienda como mínimo 50 observaciones en la serie temporal. Los modelos ARIMA proporcionan, además de una predicción puntual, la distribución de probabilidad completa para los futuros valores de la serie.

Un modelo ARIMA (p, d, q) permite describir una serie de observaciones después de que hayan sido diferenciadas d veces, a fin de extraer las posibles fuentes de no estacionariedad. Esta fórmula se puede aplicar a cualquier modelo. Si hay alguna componente p, d, q , igual a cero, se elimina el término correspondiente de la fórmula general. Los modelos cíclicos son aquellos que se caracterizan por oscilaciones cíclicas, también denominadas variaciones estacionales. Las variaciones cíclicas a veces se superponen a una tendencia secular.

Las series con tendencia secular y variaciones cíclicas pueden representarse mediante modelos ARIMA (p, d, q) (P, D, Q). el primer paréntesis (p, d, q) se refiere a la tendencia secular o parte regular de la serie y el segundo paréntesis (P, D, Q) se refiere a las variaciones estacionales, o parte cíclica de la serie temporal. Los tres términos a estimar son autorregresivo (p), integrado (tendencia d), y la media móvil (q) (de la Fuente Fernández, 2016).

Integrado (tendencia d): Es el término necesario para hacer una serie de tiempo no estacionaria en estacionaria. Un modelo con dos términos de tendencia ($d = 2$) tiene que ser diferenciado dos veces para hacerla estacionaria. La primera diferencia elimina tendencia lineal, la segunda diferencia elimina tendencia cuadrática, y así sucesivamente. Para series no estacionarias, valores de “ d ” de 1 o 2 son por lo general adecuados para hacer la media estacionaria.

Autorregresivo (p): Los componentes autorregresivos representan la memoria del proceso anterior para observaciones. El valor de p es el número de componentes autorregresivos en un modelo ARIMA (p, d, q). El valor de p es 0 si no hay ninguna relación entre las observaciones adyacentes. Cuando el valor de p es 1, existe una relación entre las observaciones en el retraso 1 y el coeficiente de correlación 1 es la magnitud de la relación. Cuando el valor de p es 2,

existe una relación entre las observaciones en el retraso y el coeficiente de correlación Φ^2 es la magnitud de la relación. Por lo tanto, p es el número de correlaciones que necesita para modelar la relación. Por ejemplo, un modelo con dos términos autorregresivos ($p = 2$) es aquella en la que una observación depende (se predice por) dos observaciones anteriores.

Media móvil (q): Es el número de términos que describen la persistencia de un choque al azar de una observación a la siguiente. Un modelo con dos términos promedio en movimiento ($q = 2$) es una en la que una observación depende de dos choques aleatorios anteriores (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014).

1.3.3. Ajuste de datos

El objetivo del ajuste de datos es hacer predicciones empleando ecuaciones matemáticas que describan de manera adecuada al modelo. Generalmente tales predicciones requieren que se obtenga una fórmula.

Polinomiales

- **Lineales**

Ecuación 10

$$f(x, a) = a_0 + a_1x$$

$$a = (a_0, a_1)$$

- **Cuadráticas**

Ecuación 11

$$f(x, a) = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

$$a = (a_0, a_1, a_2)$$

- En general de grado menor o igual a m

Ecuación 12

$$f(x, a) = a_0 + a_1x + a_1x^2 + \dots + a_mx^m$$

$$a = (a_0, a_1, a_2 \dots a_m)$$

Potenciales

Ecuación 13

$$f(x, a) = a_0 * x^{a_1}$$

$$a = (a_0, a_1)$$

Exponenciales

Ecuación 14

$$f(x, a) = a_0 * (a_1)^x$$

$$a = (a_0, a_1)$$

Logarítmicas

Ecuación 15

$$f(x, a) = a_0 + a_1 \ln x$$

$$a = (a_0, a_1)$$

Las principales funciones son las descritas anteriormente, para encontrar la función que se ajuste al modelo, ya sea lineal o no, se deben hallar los valores de los coeficientes que acompañan a las variables mediante los datos iniciales que se buscan ajustar. El ajuste no siempre coincide al 100% con los datos iniciales por lo cual se debe obtener el coeficiente de determinación que es el valor explicativo del modelo de proyección. El coeficiente de correlación o R^2 toma valores entre cero y uno, por lo que mientras más se aproxime a uno mejor será el ajuste y la función seleccionada será la correcta (Minnaard, 2011).

- **Regresión Lineal**

El ejemplo más simple de una aproximación por mínimos cuadrados es ajustar una línea recta a un conjunto de observaciones definidas por puntos: $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$. La expresión matemática para la línea recta es $y = a_0 + a_1x + e$, donde a_0 y a_1 son coeficientes que representan la intersección con el eje y y la pendiente, respectivamente, e es el error, o diferencia, entre el modelo y las observaciones, el cual se representa al reordenar la ecuación como $e = y - a_0 - a_1x$. Así, el error o residuo es la discrepancia entre el valor verdadero de “ y ” y el valor aproximado, $a_0 + a_1x$, que predijo la ecuación lineal (Chapra & Canale, 2006).

- **Regresión Mínimos Cuadrados**

Se puede decir que la regresión por mínimos cuadrados es una recta cuya suma de cuadrados de las distancias entre los valores reales y estimados $(y_i - \tilde{y}_i)$ es la menor de un número infinito de rectas de regresión que se puedan generar (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014).

1.4. Organismos de Control de Tránsito en el cantón Cuenca

1.4.1. Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial

La Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, es el ente encargado de la regulación, planificación y control del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial en el territorio nacional, en el ámbito de sus competencias, con sujeción a las políticas emanadas del Ministerio del Sector; así como del control del tránsito en las vías de la red estatal-troncales nacionales, en coordinación con los GADS y tendrá su domicilio en el Distrito Metropolitano de Quito.

La Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial es una entidad autónoma de derecho público, con personería jurídica, jurisdicción nacional, presupuesto, patrimonio y régimen administrativo y financiero propios (Ley organica de transporte terrestre tránsito y seguridad vial, 2014).

Su misión es contribuir al desarrollo del país, a través de la planificación, regulación y control del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, promoviendo la accesibilidad equitativa, movilidad sostenible y preservando el ambiente (ANT, 2014).

1.4.2. Comisión de Tránsito del Ecuador

La Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE), es el organismo encargado de dirigir y controlar la actividad operativa de los servicios de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, en la red vial estatal y sus troncales nacionales y demás circunscripciones territoriales que le fueren delegadas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados, con sujeción a las regulaciones emanadas por la ANT, la investigación de accidentes de tránsito y la formación del Cuerpo de Vigilantes y de Agentes Civiles de Tránsito.

Su visión institucional es ser líder del control operativo técnico del tránsito en la red vial estatal, la formación de agentes y la investigación eficaz de los accidentes, procurando la disminución de la accidentabilidad, la fluidez y la seguridad del tránsito en las vías de la red estatal y sus troncales nacionales, con la activa participación de personal especializado (Comisión de Tránsito del Ecuador CTE, 2014).

1.4.3. Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte de la Municipalidad del cantón Cuenca

La Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV EP) es la entidad encargada de gestionar, administrar, regular y controlar el sistema de movilidad sustentable propendiendo a la calidad, seguridad, agilidad, oportunidad, disponibilidad, comodidad, accesibilidad de los ciudadanos; a través de una gestión técnica, integral e integrada del transporte terrestre, tránsito y movilidad no motorizada, mejorando la calidad de vida, precautelando la salud, fortaleciendo la generación productiva y el desarrollo social y económico del cantón (EMOV EP, 2014).

1.4.4. Oficina de Investigación de Accidentes de Tránsito

La Oficina de Investigación de Accidentes de Tránsito (OIAT) es la encargada de investigar, en coordinación y por pedido de la Fiscalía, las causas de un determinado percance registrado en los catones del país (Caivinagua, 2013). El Reglamento a Ley Transporte Terrestre, Transito y Seguridad vial, alega que las diligencias de reconocimiento del lugar de los hechos, inspecciones y peritajes, en casos de accidentes de tránsito, serán realizadas únicamente por la Agencia Nacional de Tránsito o por Oficiales especializados de la Oficina de Investigación de Accidentes de Tránsito de la Comisión de Tránsito del Ecuador (OIAT - CTE) en sus jurisdicciones (Asamblea General Constituyente, 2012).

1.4.5. Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito

El Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito (SIAT), de la Policía Nacional del Ecuador, proporciona a los tribunales de justicia informes técnicos-científicos acerca de las causas que provocan accidentes de tránsito. El SIAT cuenta con personal especializado en investigación y

trabaja de manera directa con la Fiscalía. Entre sus funciones están las de entregar informes, peritajes, avalúo de daños materiales, reconocimiento del lugar de los hechos, toma de huellas y vestigios, además reconstruye los accidentes de tránsito, a través de una simulación virtual. (“El SIAT Investiga El Origen de Accidentes de Tránsito,” 2013)

1.4.6. Ministerio de Transporte y Obras Públicas

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), es la entidad rectora del Sistema Nacional de Transporte Multimodal fórmula. Entre sus funciones están el implementar y evaluar políticas, regulaciones, planes, programas y proyectos que garantizan una red de transporte seguro y competitivo, minimizando el impacto ambiental y contribuyendo al desarrollo social y económico del país. (*Informe MTO Azuay*, 2019)

CAPÍTULO 2

EVALUACION ACTUAL DE LA ACCIDENTALIDAD DE TRANSITO EN EL CANTON CUENCA

2.1. Metodología

Sobre la información entregada por la EMOV EP se realizó un análisis estadístico descriptivo para obtener una estructura sobre las principales causas y actores involucrados en los accidentes de tránsito del cantón Cuenca. Para ello se procedió a zonificar el cantón Cuenca en parroquias urbanas y rurales para crear mapas de frecuencia que muestren las zonas de mayor conflicto, es decir aquellas que presenten mayor accidentalidad.

Posteriormente se realizó un procesamiento de datos exhaustivo, mediante el cual se identificó el número de accidentes de tránsito, dividido en siniestros e incidentes, por cada año, mes, día de la semana y hora del día, obteniendo así una frecuencia relativa promedio de ocurrencia de accidentes por año. Cabe mencionar que para este análisis se consideraron dos distintos periodos de tiempo, es decir, para los siniestros los datos utilizados van desde el 2016 hasta el 2020, mientras que para los incidentes del 2017 al 2020; esto es debido a que la base de datos otorgada por la EMOV EP ha registró los datos en dichos lapsos.

Se continuó con el análisis de las causas y tipologías de accidentes de tránsito, tomando las cinco más representativas (aquellas que señalan el mayor número de eventos) tanto para siniestros como incidentes a propósito identificar la incidencia de estas en la frecuencia promedio mensual de accidentes por año, además se detallaron otras variables involucradas en los accidentes de tránsito que se relacionan con los vehículos y participantes, estas son: tipo de vehículo, tipo de servicio

vehicular, tipo de participante, edad y sexo; esto nos permitió identificar las variables que presentan mayor ocurrencia.

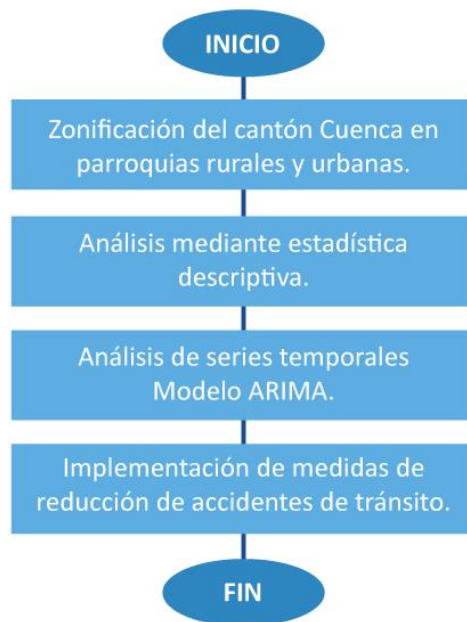
Después se definieron los indicadores de accidentalidad con respecto a la población y al parque vehicular, con el fin de conocer las tendencias de cambio con respecto al número de accidentes, lesionados y fallecidos lo que ayuda a entender el estado del problema. Todos los resultados obtenidos del análisis estadístico se evidenciaron en diagramas de sectores, de barras y polígonos de frecuencias.

Por otra parte, se empleó el Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) con el fin de analizar series de tiempo. Con este modelo se obtuvo una proyección del número de accidentes de tránsito para las diferentes tipologías registradas y para las tres principales causas que presentan los siniestros de tránsito, y de igual manera para el número de muertes por accidentes de tránsito hasta el año 2026; esta última proyección se realizó únicamente para los siniestros debido a que los incidentes no registran fallecidos. Para obtener una tendencia más realista se utilizaron datos de accidentalidad desde el año 2016 debido a que el número de observaciones recomendables debe ser mayor o igual a 50, ya que para este estudio se agruparon los siniestros por mes, se contó con un total de 60 observaciones que pertenecen a los años de estudio.

Por último, toda la información obtenida se empleó para la implementación de futuras medidas de reducción y prevención de accidentes de tránsito, tomando en consideración las variables con mayor incidencia, las proyecciones realizadas y las buenas prácticas y medidas aplicadas en otros países.

Figura 2. 1.

Diagrama de Flujo: Metodología



Nota. Elaborado por las autoras.

2.2. Estado Actual de la seguridad vial en el cantón Cuenca

La primera Ley de Tránsito de la República del Ecuador fue dictada el 18 de octubre de 1963, con el propósito de juzgar todas las infracciones de tránsito cometidas dentro del territorio del país, las mismas que se dividían en delitos y contravenciones. La Ley de Tránsito ha ido evolucionando con el paso del tiempo y hasta el año 2012, la Policía Nacional junto con su Jefatura Provincial de Tránsito y Transporte Terrestre del Azuay, estuvieron a cargo del control y regulación de tránsito, seguridad vial, reformas y políticas de las leyes de tránsito del cantón Cuenca.

Después de estar en vigencia por más de una década La Ley de Transporte de 1996, la Asamblea Constituyente creó la reforma a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial emitida en 2008, la que confiere la competencia en materia de transporte terrestre, tránsito y

seguridad vial a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales a nivel nacional. Por lo que en el cantón Cuenca, esta competencia pasó a manos de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV EP) constituida en el año 2010 e iniciando sus funciones en el 2013, la misma que cuenta con agentes de tránsito especialmente capacitados, vehículos con tecnología de punta, entre otros avances significativos para un mejor desempeño de las funciones encomendadas.

2.2.1. Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Municipalidad del Cantón Cuenca

La Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Municipalidad del cantón Cuenca (EMOV EP) es una empresa pública creada por el I. Concejo Cantonal de Cuenca en ejercicio de la facultad conferida por la Constitución y la ley, para el ejercicio de sus funciones primordiales en materia de tránsito, transporte y seguridad vial. Actualmente la empresa cuenta con 354 Agentes Civiles de Transito, de los cuales 265 son hombres y 89 mujeres, cuya función principal es regular la circulación vehicular y peatonal, además de vigilar, controlar e intervenir en el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte dentro del cantón Cuenca. Los Agentes Civiles de Transito realizan tres turnos diarios de ocho horas cada uno y se dividen en cinco grupos: Administrativos, Alfa, Bravo, Charlie y Delta.

Los Agentes Civiles de Tránsito recopilan la información tanto de siniestros como de incidentes mediante un formato de citaciones, en el que se registran datos personales, características del vehículo, tipo de contravención, lugar y un breve relato del hecho o circunstancia de la infracción. De esta manera se facilita la obtención y registro de datos para la base de accidentalidad.

Esta empresa cuenta con diversos equipos y dispositivos de última tecnología que contribuyen al control y vigilancia del tránsito en el cantón Cuenca, y que son de gran utilidad para cubrir la zona de intervención. Los equipos, su cantidad y su modo de empleo se describen en la **Tabla 2. 1.**

Tabla 2. 1.

Equipos de control de tránsito

Equipo	Cantidad	Modo
Patrullas	13	Por turno
Motos	9	Por turno
Bicicletas	6	Por turno
Body Cam	1	Por agente
Dron	2	Total
Alcoholímetros	20	Total
Cámaras PTZ	2	Total
Radares fijos	10	Total
GPS	1	Por vehículo
Radios de comunicación	1	Por vehículo

Nota. Elaborado por las autoras.

2.2.2. Recopilación de Información de Accidentes de Tránsito en el Cantón Cuenca

La base de datos estadísticos requerida para el análisis de la accidentalidad del cantón Cuenca fue solicitada formalmente mediante oficio a la EMOV EP. La información entregada por parte de la entidad, fue la base de datos registrada desde el año 2016 hasta el 2020 para siniestros, mientras que para los incidentes va del 2017 hasta el 2020, dicha base de datos contiene toda la información de las distintas variables que se necesitan analizar cómo número de accidentes, lesionados, fallecidos, tipos de vehículo y servicio, edad, sexo, entre otras.

Una vez recopilada toda la información, se pudo notar varias fallas en cuanto al registro de datos. La base de incidentes no presenta características del tipo de vehículos ni de los participantes, dado que esta información no se remite a la ANT, sin embargo, estas cifras también forman parte de la accidentalidad dentro del cantón y deberían registrarse del mismo modo que los siniestros para poder tener un análisis más amplio y exacto de las distintas variables involucradas.

Otro error que se evidenció fue la distinta denominación que se le daba a las causas probables por las que se produce un accidente de tránsito, puesto que al momento de filtrar la información para realizar un conteo de datos se presentaba la misma escrita de diferente manera o no existía para ciertos años de estudio. Para efectos de esta investigación se procedió a estandarizar las causas evitando así posibles inconsistencias. De la misma forma se presentaron ciertas omisiones de algunas variables de siniestralidad que involucran el tipo de vehículos y participantes.

2.3. Indicadores Utilizados en el Estudio Científico de la Accidentalidad de Tránsito en el Cantón Cuenca

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se define a un indicador como la relación entre variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto a los objetivos y metas previstas e influencias esperadas. El indicador ayuda a entender el estado del problema, qué camino se está siguiendo y qué tan lejos se está de donde se desea estar. Un buen indicador es una señal de alerta antes que el problema sea irremediable e induce a reconocer que es necesario resolver dicho problema. Los indicadores ocupados en el país son: Indicador de tasa de morbilidad por cada 100 mil habitantes, tasa de accidentalidad y tasa de mortalidad.

En este estudio se analizarán los indicadores de tránsito que relacionan los saldos en muertos y heridos con la población y vehículos del parque automotor, los cuales permitirán hacer comparaciones acerca de la accidentalidad, dando como resultado escalas o rangos de valores que permitan estimar la magnitud del problema. Los índices que se utilizarán son:

Índice de accidentalidad: acogen de forma global a los índices relacionados con los accidentes registrados y otra variable partícipe del siniestro como la población y vehículos registrados, los cuales son factores generales (Córdova Guzmán & Paucar Flores, 2014).

Índice de morbilidad: relacionan los accidentes de tránsito en los cuales resulte uno o más actores lesionados y otra variable, la población o los vehículos registrados (Córdova Guzmán & Paucar Flores, 2014).

Índice de mortalidad: estos indicadores hacen referencia a los accidentes en los cuales uno de los implicados fallece, y los relaciona con las variables de población y vehículos registrados en el marco general (Córdova Guzmán & Paucar Flores, 2014).

2.3.1. Índices con respecto a la población

Estos indicadores se analizan de acuerdo a la población registrada en el año en análisis, y son expresados por cada 100,000 habitantes. Sus fórmulas matemáticas (Cal Y Mayor & Cardenas, 2007) se indican a continuación:

Índice de accidentalidad

Ecuación 16

$$I_{A/P} = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes en el año} * 100,000}{N^{\circ} \text{ de habitantes}}$$

Índice de morbilidad

Ecuación 17

$$I_{Morb/P} = \frac{N^{\circ} \text{ de heridos en el año} * 100,000}{N^{\circ} \text{ de habitantes}}$$

Índice de mortalidad

Ecuación 18

$$I_{Mort/P} = \frac{N^{\circ} \text{ de fallecidos en el año} * 100,000}{N^{\circ} \text{ de habitantes}}$$

2.3.2. Índices con respecto al parque vehicular

Estos indicadores se miden con respecto al número de vehículos registrados en el año respectivo, y son expresados por cada 10,000 vehículos, cuyas fórmulas (Cal Y Mayor & Cardenas, 2007) se presentan seguidamente.

Índice de accidentalidad

Ecuación 19

$$I_{A/V} = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes en el año} * 10,000}{N^{\circ} \text{ de vehiculos registrados}}$$

Índice de morbilidad

Ecuación 20

$$I_{Morb/V} = \frac{N^{\circ} \text{ de heridos en el año} * 10,000}{N^{\circ} \text{ de vehiculos registrados}}$$

Índice de mortalidad

Ecuación 21

$$I_{Mort/V} = \frac{N^{\circ} \text{ de fallecidos en el año} * 10,000}{N^{\circ} \text{ de vehiculos registrados}}$$

2.4. Caracterización de la Accidentalidad en el Cantón Cuenca

2.4.1. Análisis de Índices de siniestralidad

Los indicadores de accidentalidad que se calculan en la **Tabla 2.2.** hacen referencia al de accidentalidad, morbilidad y mortalidad con respecto a la población, utilizando las **Ecuación 16**, **Ecuación 17** y **Ecuación 18**. Para el cálculo de dichos valores se utilizó la población anual registrada en el cantón Cuenca según el INEC, el número de siniestros de tránsito registrados, así como el de heridos y fallecidos para el periodo 2016 - 2020.

Tabla 2. 2.

Índices de siniestros con respecto a la población.

Índices de Siniestros con Respecto a la Población					
Variables	2016	2017	2018	2019	2020
N° de habitantes	591996	603269	614539	625775	636996
N° de accidentes en el año	748	888	979	771	449
N° de heridos en el año	735	819	930	782	454
N° de fallecidos en el año	21	37	30	43	37
$I_{S/p}$	126,35	147,20	159,31	123,21	70,49
$I_{Morb/P}$	124,16	135,76	151,33	124,97	71,27
$I_{Mort/P}$	3,55	6,13	4,88	6,87	5,81

Nota. Elaborado por las autoras.

Para un mejor entendimiento de estos indicadores, se realizaron gráficos de dispersión, en los que se puede observar que la tendencia tanto de siniestros como de heridos presenta un punto máximo hasta el año 2018 pero para los siguientes años comienza a decrecer, esto se muestra en las **Figura 2. 2.** y **Figura 2. 3.** Mientras que el índice de mortalidad (**Figura 2.4.**) no presenta una tendencia marcada, ya que tiene picos y valles, con estos datos nos podemos dar cuenta de que la accidentalidad no es directamente proporcional a la mortalidad, aun cuando en el año 2019 el número de accidentes disminuye sucede lo contrario con el número de fallecidos. El índice promedio de siniestralidad es de 125.31, el de morbilidad es de 121.5 y el de mortalidad de 5.45.

Figura 2. 2.

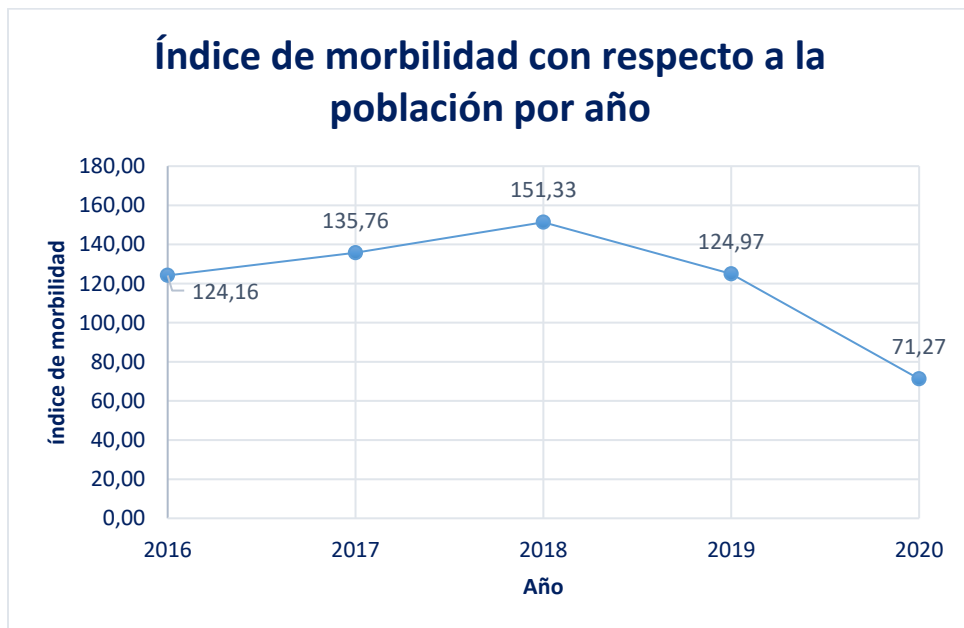
Índice de siniestralidad con respecto a la población por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 3.

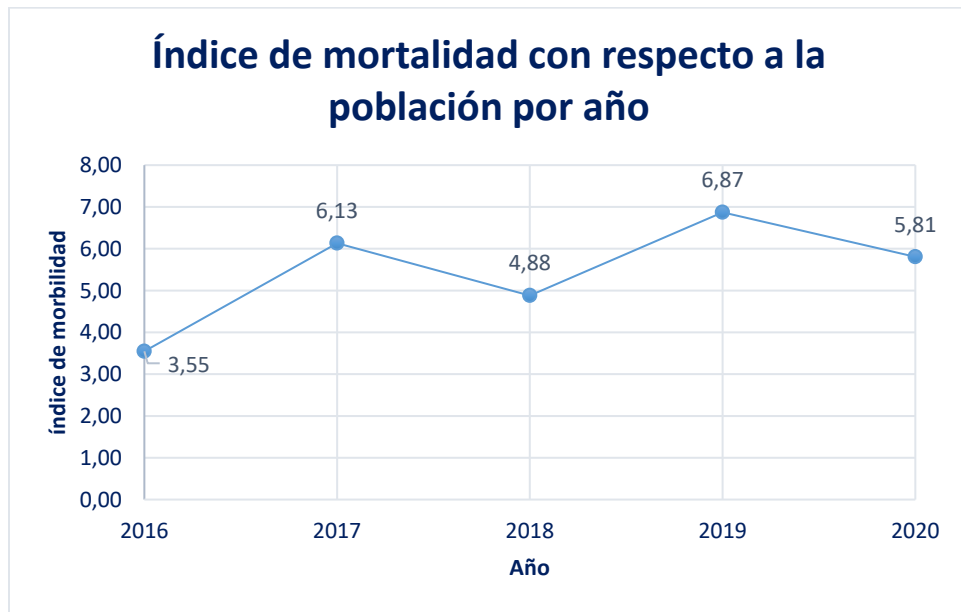
Índice de morbilidad con respecto a la población por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 4.

Índice de mortalidad con respecto a la población por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

Sobre los índices del parque vehicular, la única diferencia es que se considera el número de vehículos matriculados por año en el cantón Cuenca. La tendencia es similar con respecto a los índices de población, mostrando sus puntos máximos en los mismos años como se puede evidenciar en las **Figura 2.5**, **Figura 2.6** y **Figura 2.7**. El promedio de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad es de 85.59, 82.99 y 3.75 respectivamente. Estos índices presentan valores menores en comparación a los de la población, debido a que, en promedio, por cada siete habitantes se matricula un vehículo.

Tabla 2. 3.

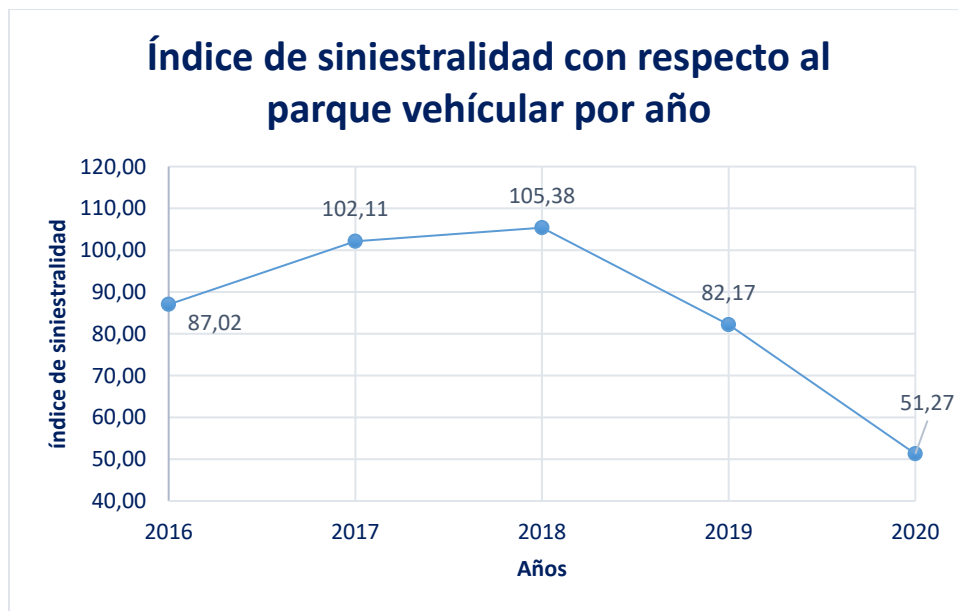
Índices de Siniestros con Respecto al Parque Vehicular.

Índices de Siniestros con Respecto al Parque Vehicular					
Variables	2016	2017	2018	2019	2020
N° de vehículos registrados	85961	86966	92906	93825	87581
N° de accidentes en el año	748	888	979	771	449
N° de heridos en el año	735	819	930	782	454
N° de fallecidos en el año	21	37	30	43	37
I _{A/V}	87,02	102,11	105,38	82,17	51,27
I _{Morb/V}	85,50	94,17	100,10	83,35	51,84
I _{Mort/V}	2,44	4,25	3,23	4,58	4,22

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 5.

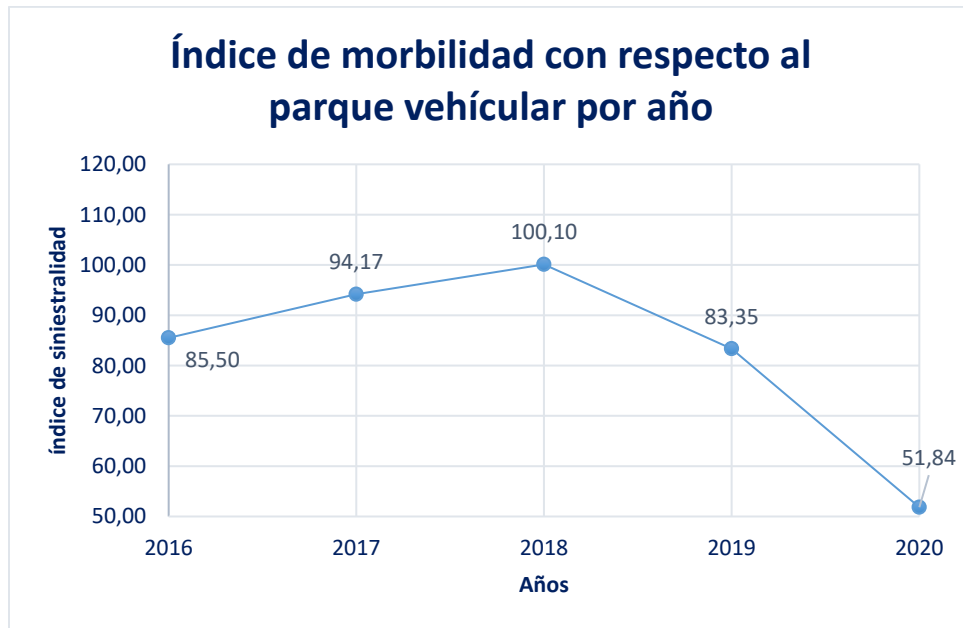
Índice de siniestralidad con respecto al parque vehicular por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 6.

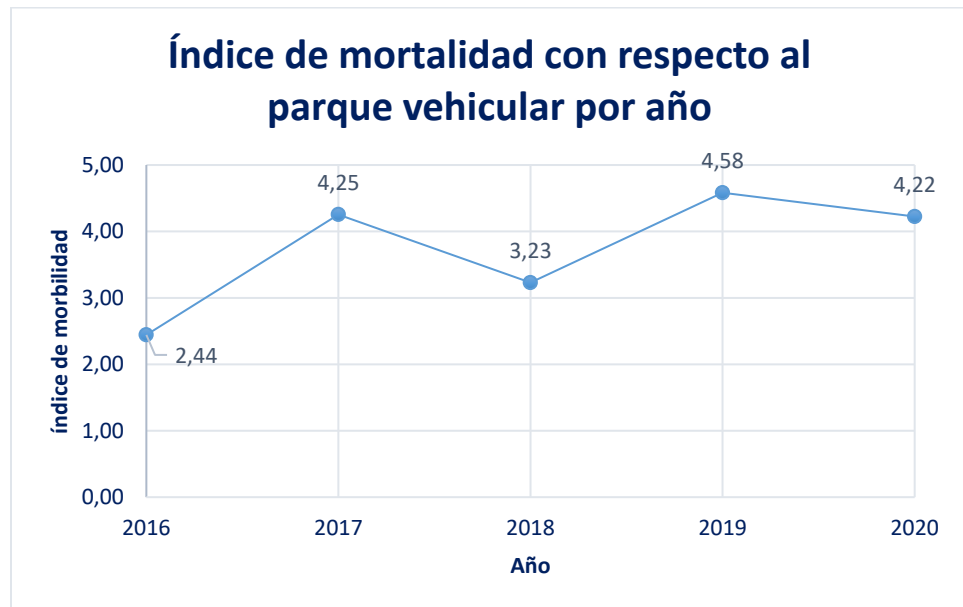
Índice de morbilidad con respecto al parque vehicular por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 7.

Índice de mortalidad con respecto al parque vehicular por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.2. Análisis de Índices de Incidentalidad

Estos índices están calculados en base al número de incidentes registrados desde el año 2017 al 2020, cuyo punto máximo se da en el año 2019 y posteriormente comienza a decrecer. Es necesario señalar que únicamente se calcula el índice de accidentalidad, en virtud de que la levedad de estos sucesos no genera heridos ni fallecidos. El promedio para los indicadores de incidentalidad tanto para la población como para el parque vehicular es de 98.07 y 407.87, correspondientemente.

Tabla 2. 4.

Índice de incidentes con respecto a la población

Índice de Incidentes con Respecto a la Población				
Variables	2017	2018	2019	2020
N° de habitantes	603269	614539	625775	636996
N° de accidentes en el año	2482	4217	5126	3029
I _{A/P}	411,43	686,21	819,14	475,51

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 8.

Índice de incidentalidad con respecto a la población por año



Nota. Elaborado por las autoras.

Tabla 2. 5.

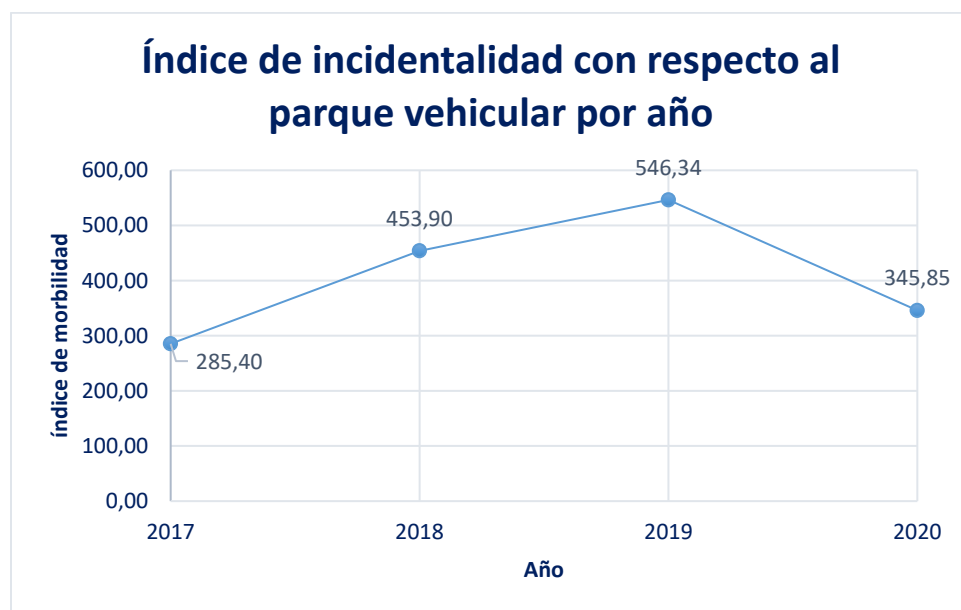
Índices de incidentes con respecto al parque vehicular

Índice de Incidentes con Respecto al Parque Vehicular				
Variables	2017	2018	2019	2020
N° de vehículos registrados	86966	92906	93825	87581
N° de accidentes en el año	2482	4217	5126	3029
$I_{A/V}$	285,40	453,90	546,34	345,85

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 9

Índice de incidentalidad con respecto al parque vehicular por año



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.3. Siniestralidad por Parroquias Rurales

Para zonificar el territorio en análisis se procedió a dividir en parroquias urbanas y rurales, como se explicó anteriormente. En este punto se presentan mapas de frecuencia en los que se puede identificar aquellas parroquias que generan mayor conflicto en siniestralidad para cada año de estudio, periodo que comprende desde el año 2016 hasta el 2020.

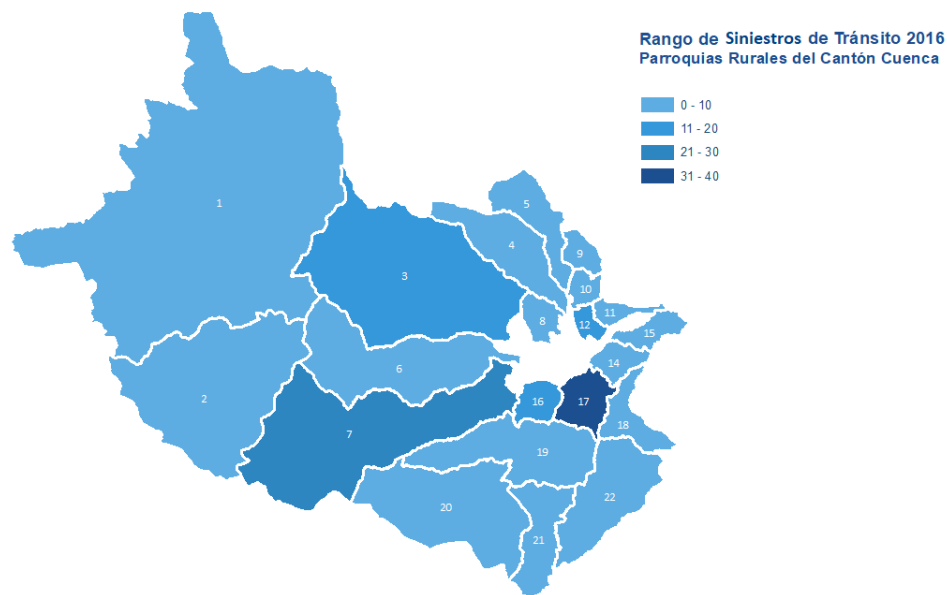
En las **Figura 2.10, Figura 2. 11., Figura 2. 12., Figura 2. 13., Figura 2. 14.,** se muestran las parroquias rurales del cantón Cuenca divididas en rangos de color según el número de siniestros

que presentaron en cada año. Las parroquias con mayor índice de siniestralidad son El Valle y Ricaurte para los cinco años, mostrando un color más intenso en cada uno de los mapas. Dado que es una tendencia constante las autoridades deberían prestar mayor atención en dichas zonas para disminuir la accidentalidad que se presenta.

Una posible causa es que estas parroquias son las más pobladas de la zona rural lo que da lugar a un mayor flujo vehicular; otras de las parroquias problemáticas son Baños, Sayausí, San Joaquín, Sinincay, Tarqui y Turi. Se puede evidenciar también, que el número de siniestros disminuye con los años, puesto que los rangos máximos en los primeros años son de hasta 40 siniestros por año por parroquia, mientras que para el 2020 la parroquia con mayor accidentalidad muestra un máximo de 20 siniestros.

Figura 2. 10.

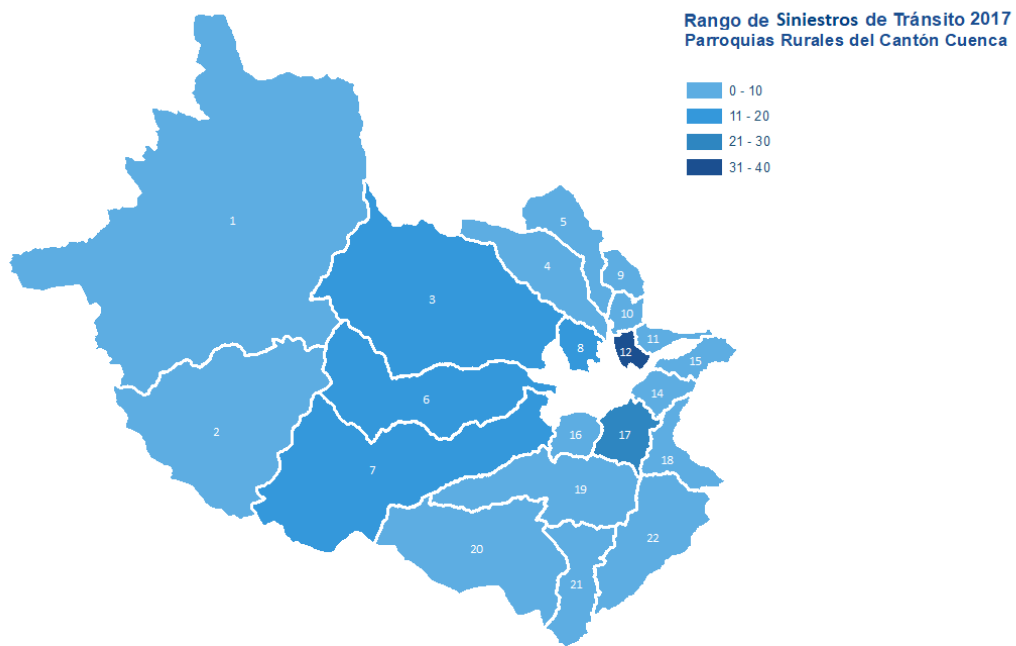
Rango de Siniestros de Tránsito 2016. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 11.

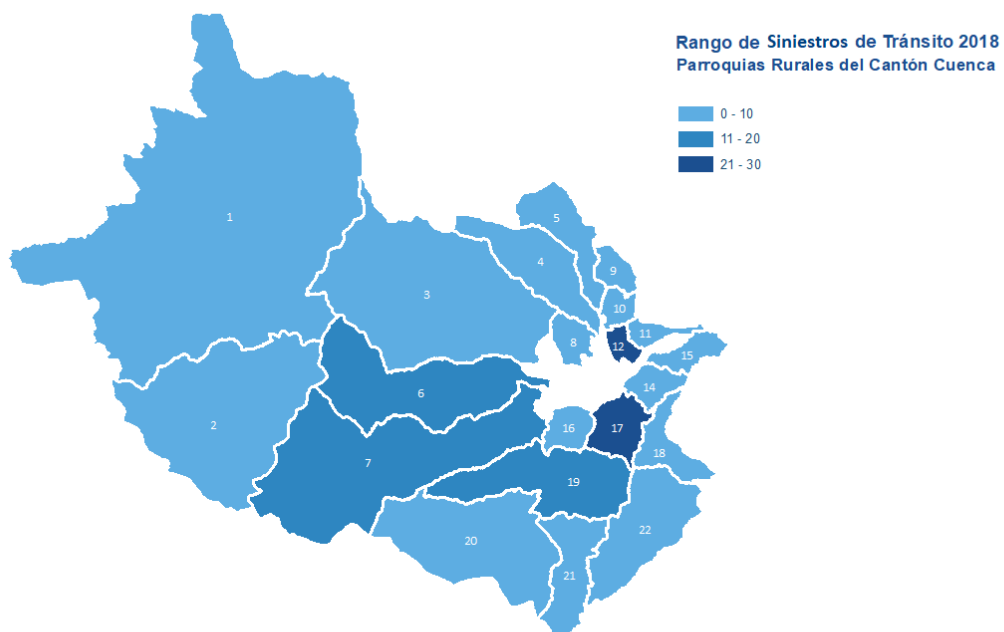
Rango de Siniestros de Tránsito 2017. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

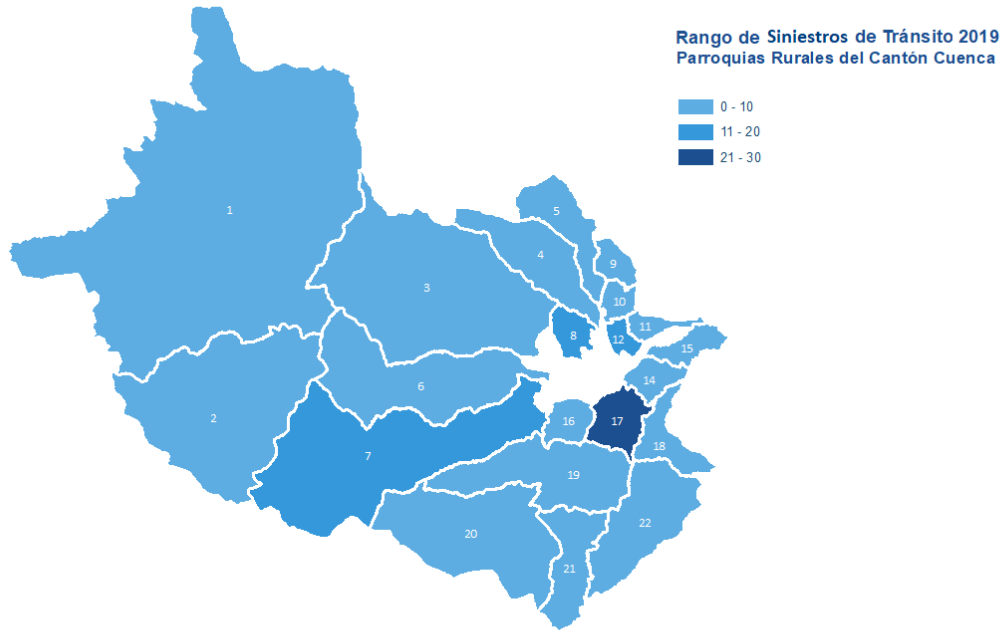
Figura 2. 12.

Rango de Siniestros de Tránsito 2018. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

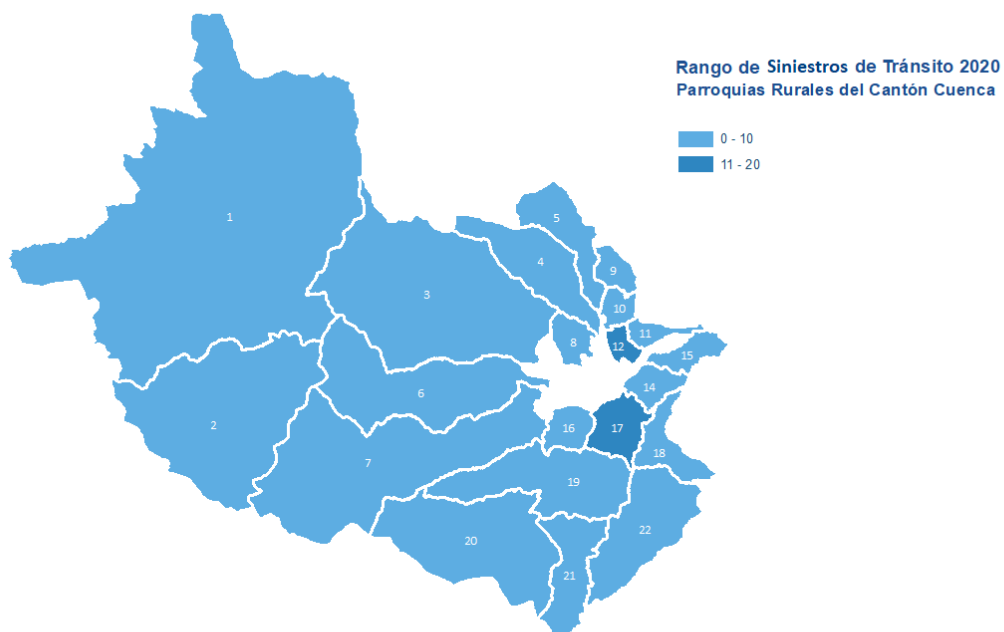
Figura 2. 13.
Rango de Siniestros de Tránsito 2019. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 14.

Rango de Siniestros de Tránsito 2020. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



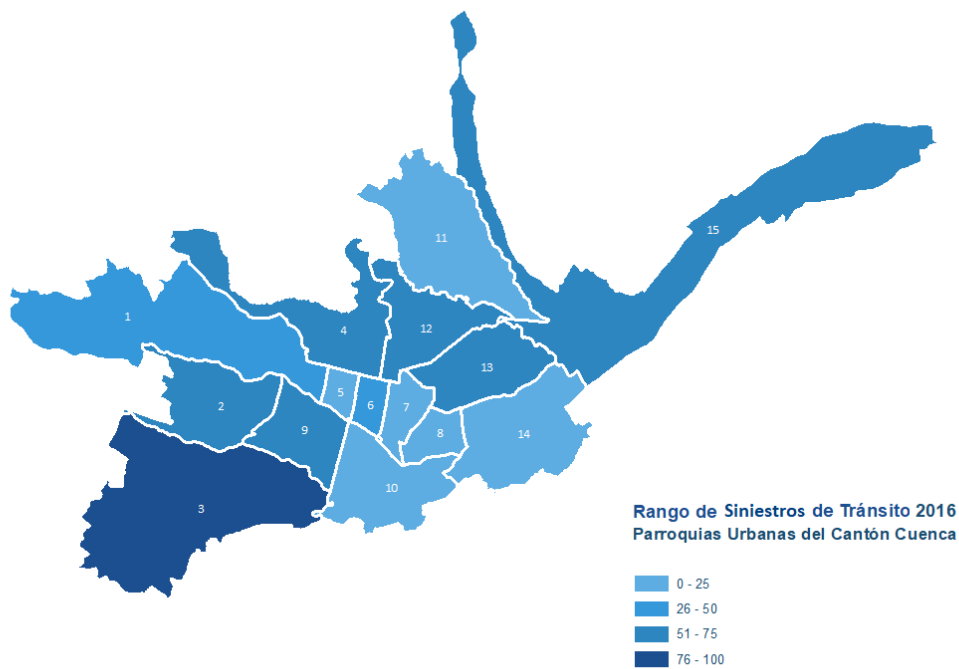
Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.4. Siniestralidad por Parroquias Urbanas

La siniestralidad en la zona urbana es mucho mayor que la rural, debido a que aquí se concentra más del 65% de la población cuencana y por ende la mayor parte del parque vehicular. Según los mapas de frecuencia presentados en las **Figura 2. 15., Figura 2. 16., Figura 2. 17., Figura 2. 18., Figura 2. 19.** se puede ver que la parroquia urbana con mayor número de siniestros registrados es la de Yanuncay, repitiéndose la misma para todos los años de estudio (2016-2020) con un promedio de 89 siniestros por año. Esto se debe principalmente a que dentro de esta parroquia se encuentran vías de alto flujo vehicular como la Av. 1 de Mayo, Av. Loja, Av. Don Bosco, un tramo de la Av. De las Américas, entre otras, siendo accesos que presentan conflictos a diario. Las parroquias que le suceden son El Batán, Bellavista, Sucre, El Vecino, Totoracocha, Machangara, San Sebastian especialmente con rangos de entre 51 a 75 siniestros. Una de las medidas implementadas para disminuir dichos eventos, ha sido la puesta en funcionamiento de radares de control de velocidad en puntos estratégicos en las vías de mayor tráfico.

Figura 2. 15.

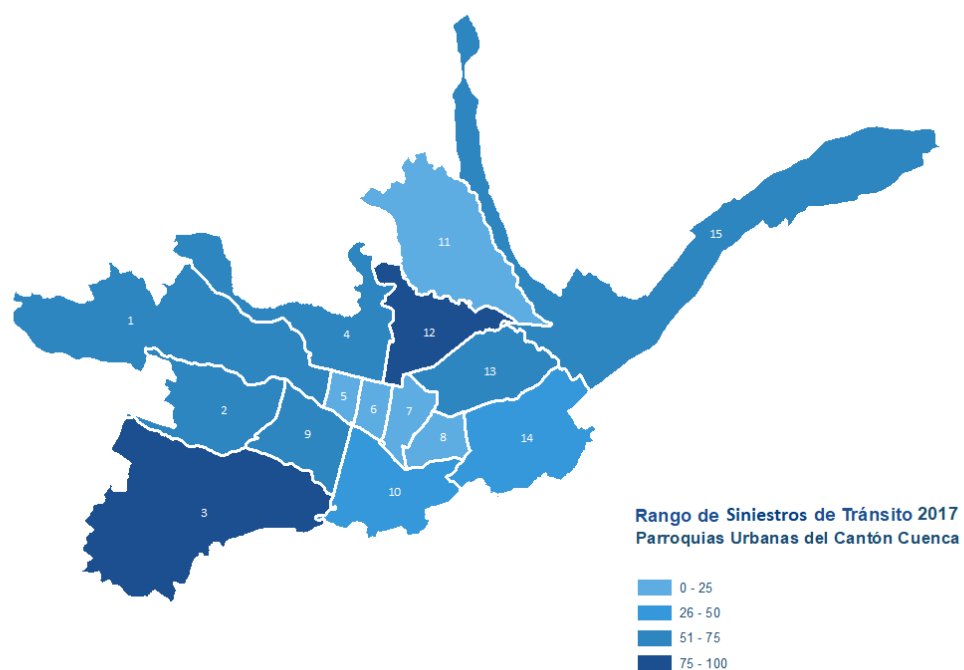
Rango de Siniestros de Tránsito 2016. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 16.

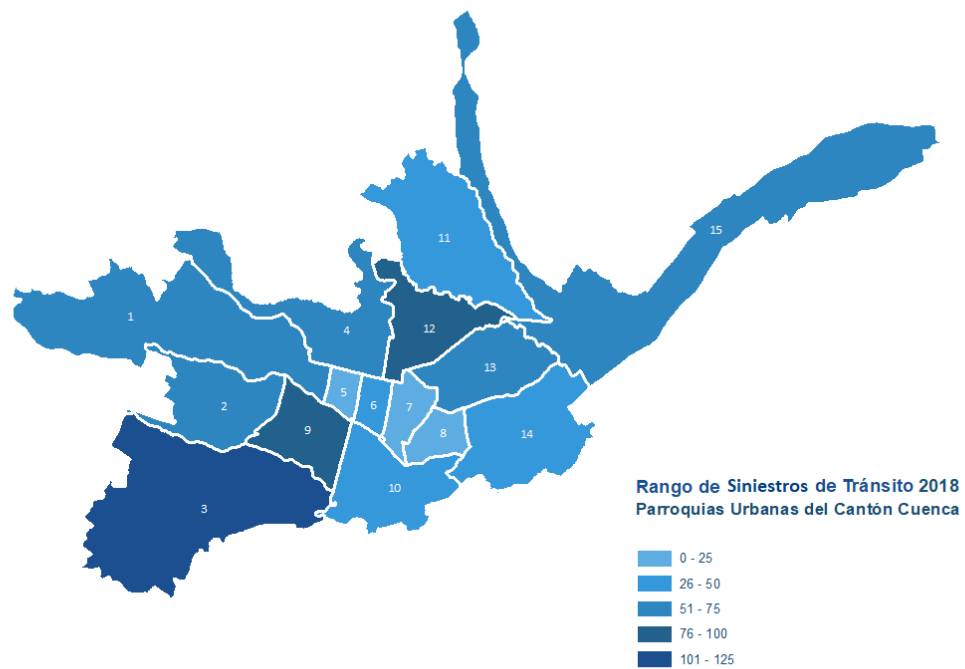
Rango de Siniestros de Tránsito 2017. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 17.

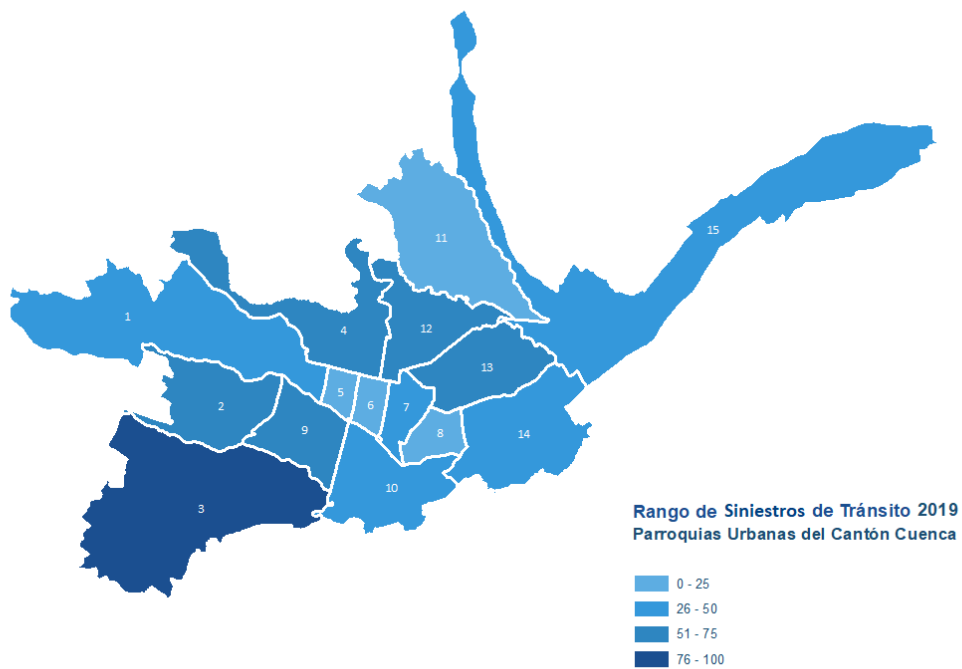
Rango de Siniestros de Tránsito 2018. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 18.

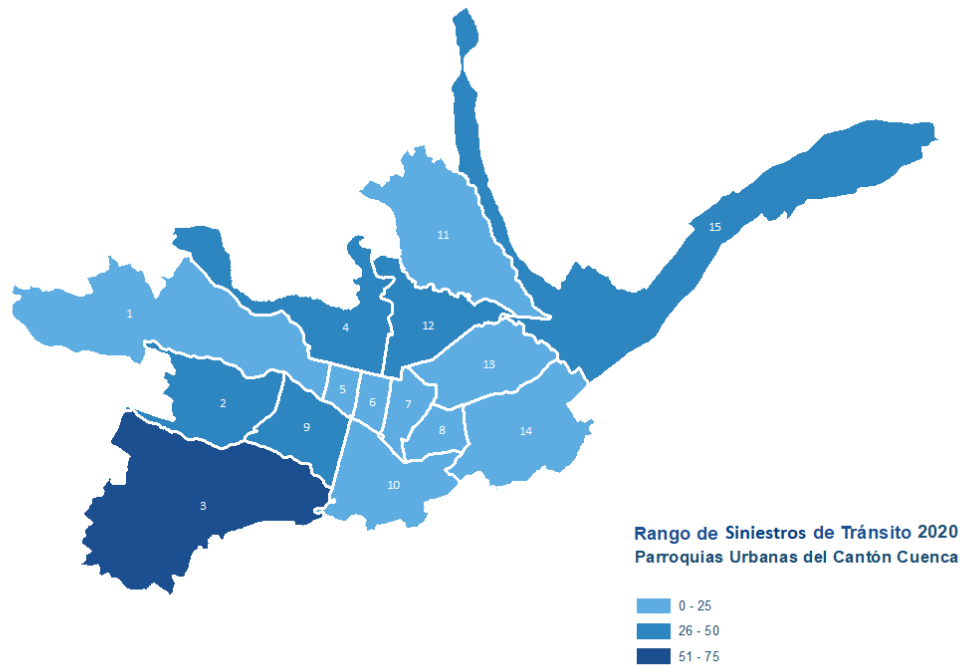
Rango de Siniestros de Tránsito 2019. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 19.

Rango de Siniestros de Tránsito 2020. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

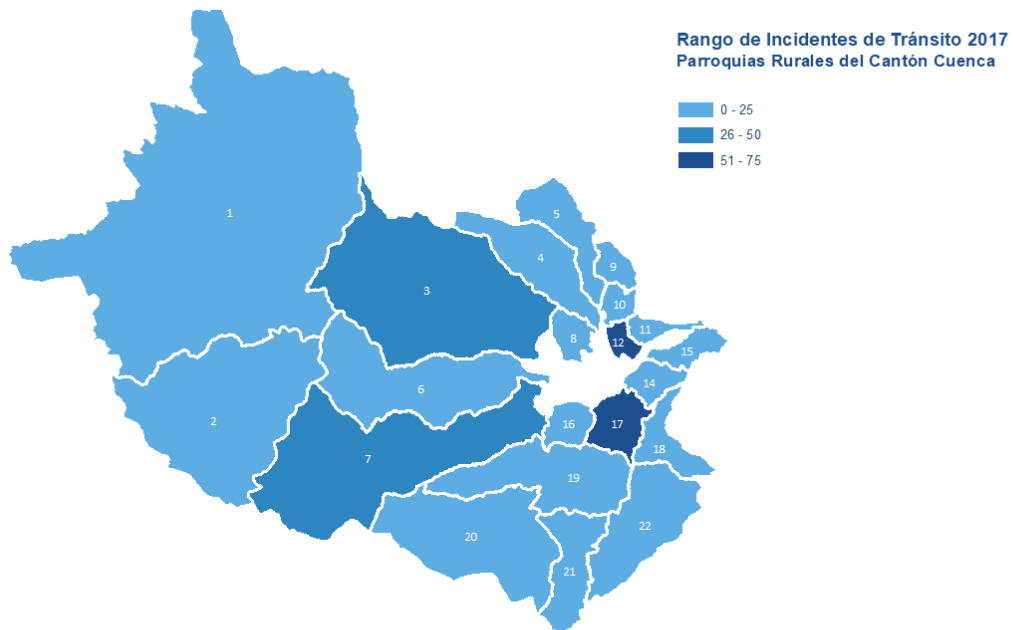
2.4.5. Incidentalidad por Parroquias Rurales

Otro de los puntos dentro del análisis, fue identificar el número de incidentes de tránsito registrados en las distintas parroquias rurales para los años comprendidos entre el 2017 y 2020, lo que se puede observar en las **Figura 2.20**, **Figura 2.21**, **Figura 2.22** y **Figura 2.23**. Al igual que en los siniestros, las parroquias de mayor conflicto son Ricaurte y El Valle con un promedio de 86.75 y 92 incidentes por año respectivamente, y que además representan el 42% de la incidentalidad de la zona rural. En segundo lugar, podemos encontrar las parroquias de Baños, Sayausí y Sinincay que sumando su porcentaje de participación dentro de la incidentalidad que corresponde al 12, 4 y 8 % se tiene un total del 24% con un promedio de 49.5, 18 y 32.25 incidentes por año

correspondientemente, es decir que entre estas últimas parroquias se registran aproximadamente la mitad de incidentes en comparación con Ricaurte y El Valle.

Figura 2. 20.

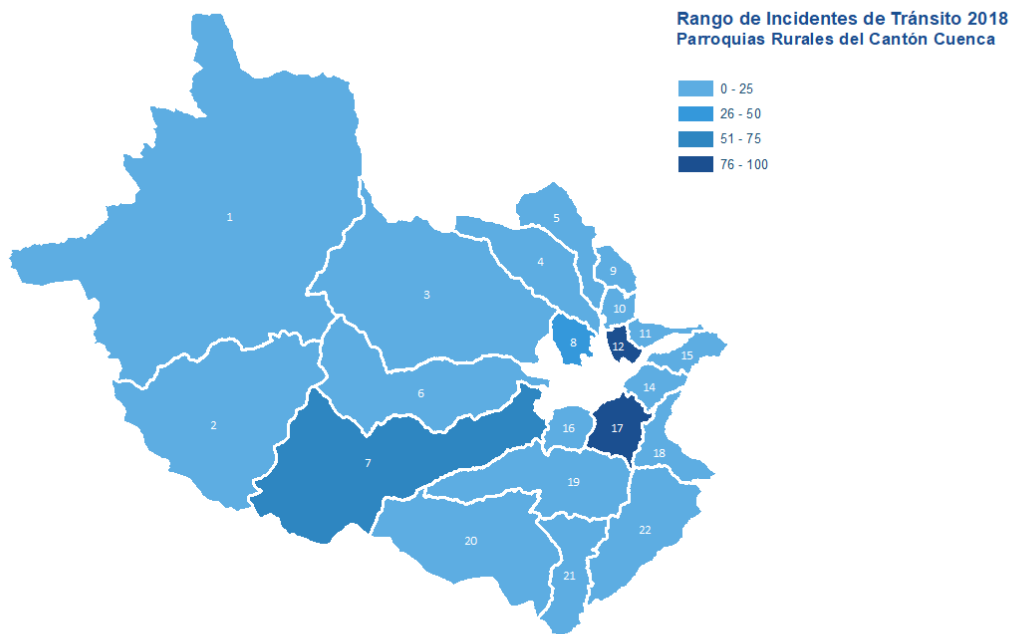
Rango de Incidentes de Tránsito 2017. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 21.

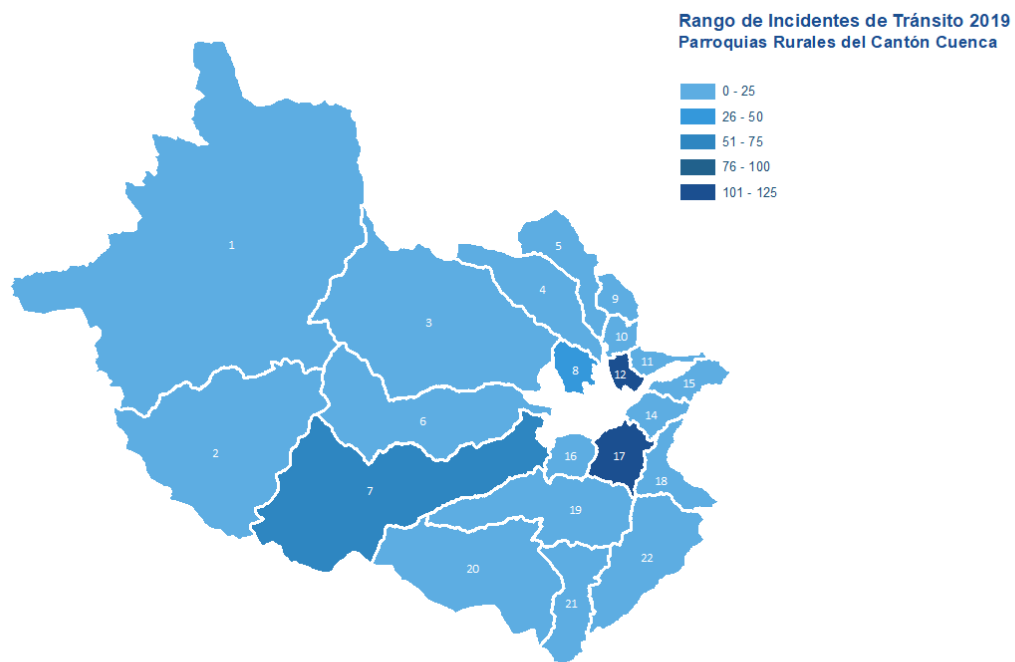
Rango de Incidentes de Tránsito 2018. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 22.

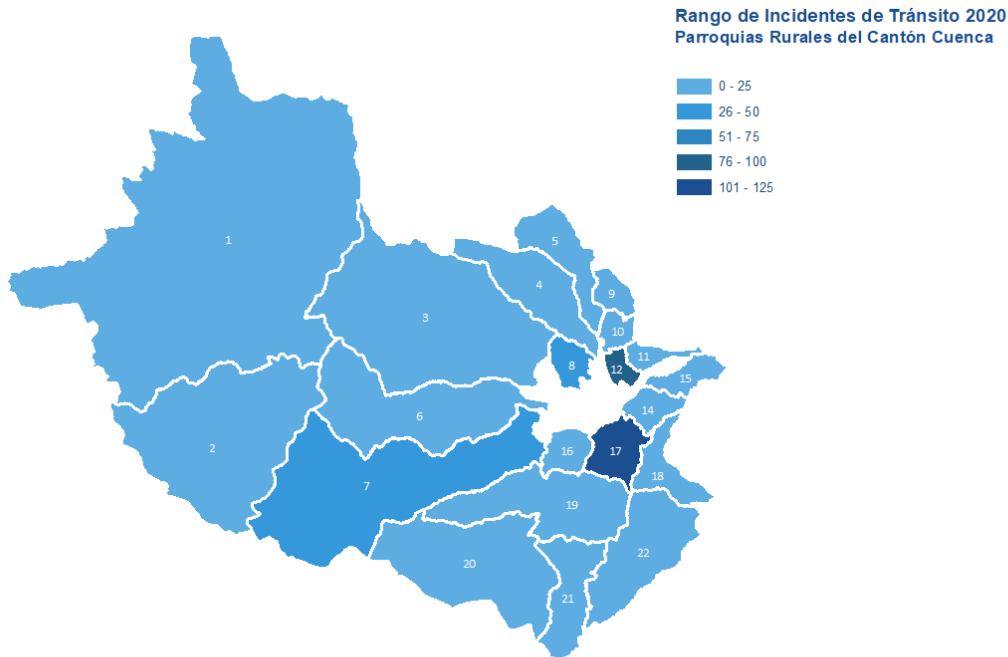
Rango de Incidentes de Tránsito 2019. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 23.

Rango de Incidentes de Tránsito 2020. Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

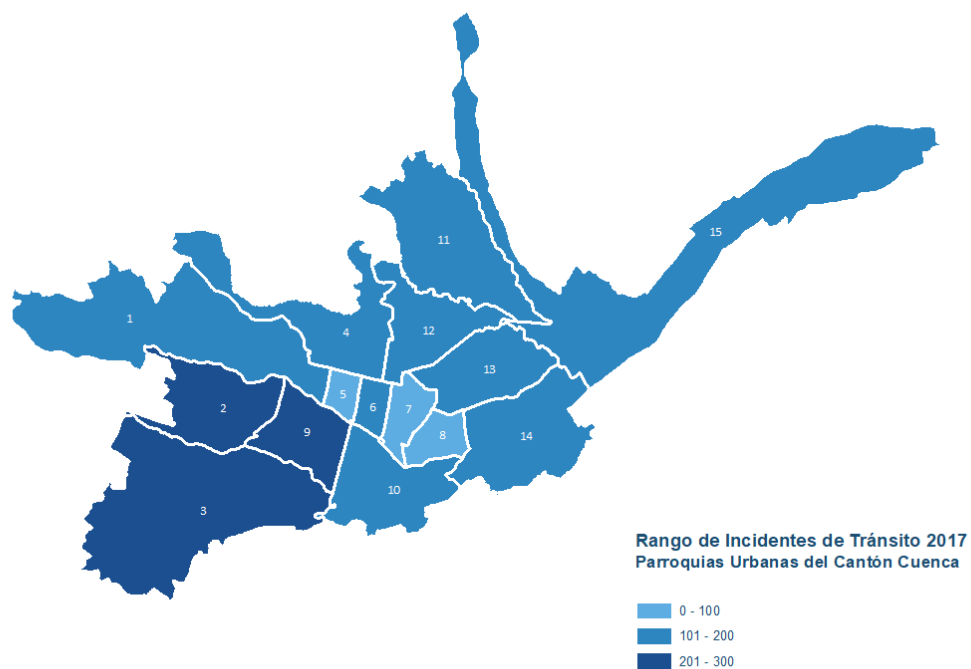
2.4.6. Incidentalidad por Parroquias Urbanas

Asimismo, se analiza la incidentalidad en las parroquias urbanas como se observa en la **Figura 2. 24.**, **Figura 2. 25.**, **Figura 2. 26.** y **Figura 2.27** en las que existen tres zonas de mayor conflicto. En primer lugar, vemos a la parroquia de Yanuncay con un porcentaje de participación del 13% en la incidentalidad del territorio urbano y con un promedio de 442.75 incidentes por año, en segundo lugar, se encuentra la parroquia Sucre cuyo promedio anual de incidentes de tránsito es de 375.25 y su aportación es del 11%; y por ultimo está El Batán, cuya media es de 334.75 incidentes al año y muestra un 10% de intervención. De las tres parroquias mencionadas anteriormente, se tiene un total de 1771, 1501 y 1339 incidentes de tránsito registrados en los

últimos cuatro años respectivamente. Además, existen otras parroquias que registran un grado significativo de incidentes como San Sebastian, Bellavista, El Sagrario, Huayna Cápac, Hermano Miguel, El Vecino, Totoracocha, Monay y Machangara, donde su porcentaje de contribución varía entre el 4 y 10%.

Figura 2. 24.

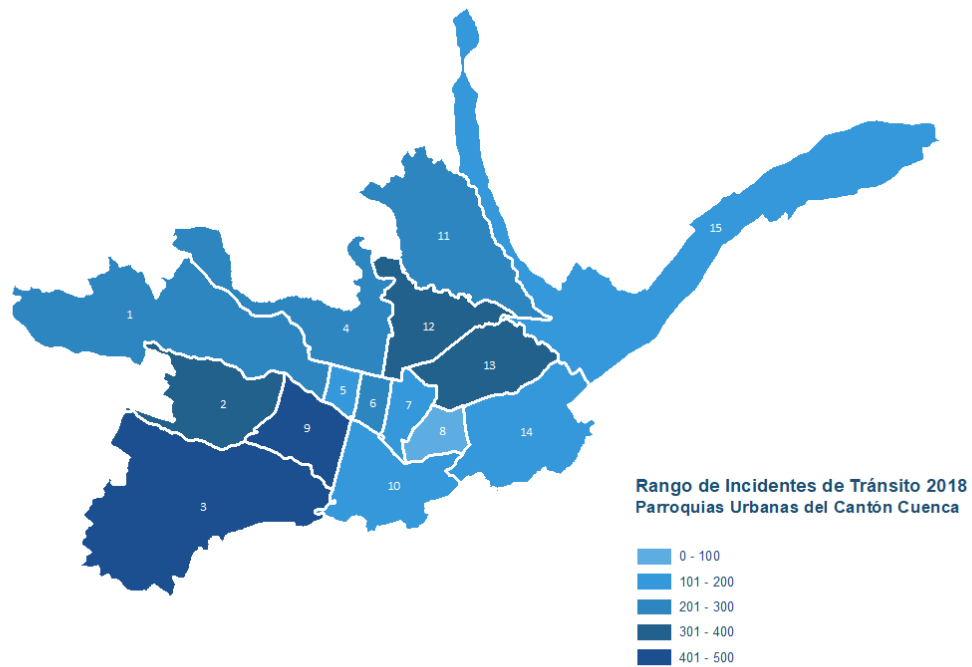
Rango de Incidentes de Tránsito 2017. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 25.

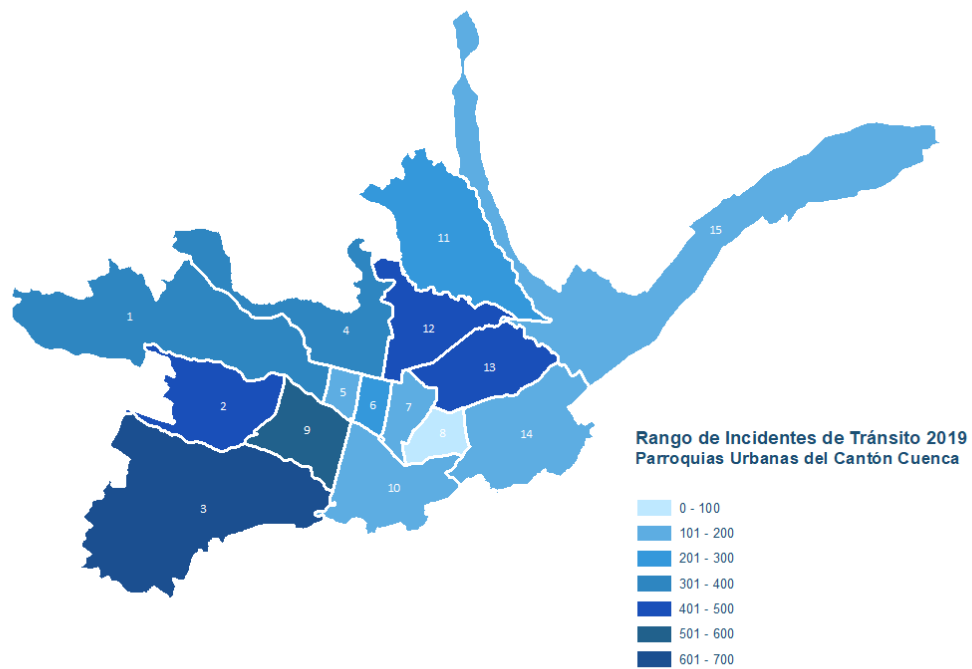
Rango de Incidentes de Tránsito 2018. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 26.

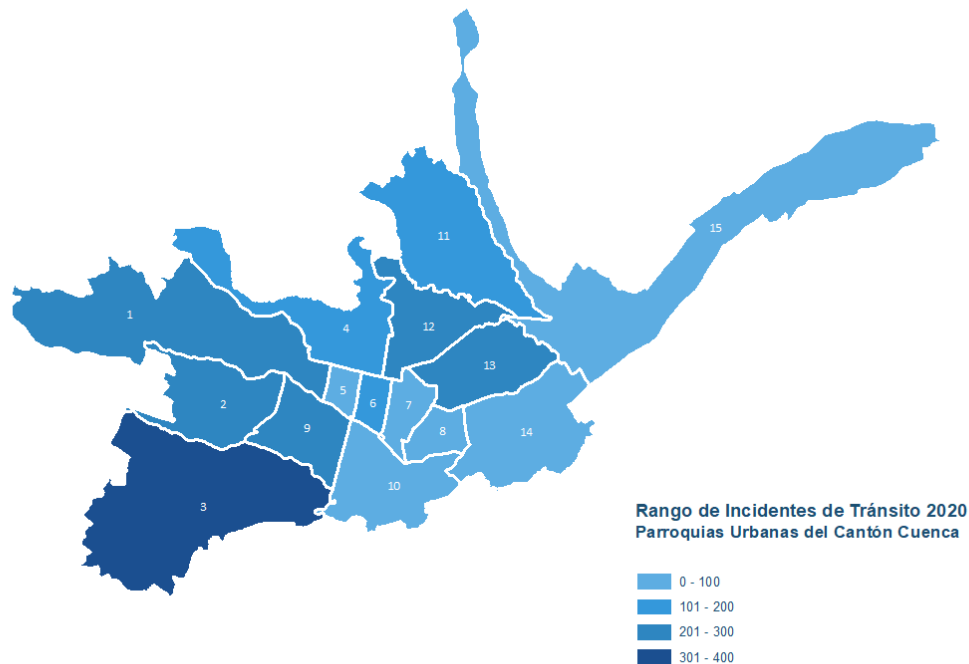
Rango de Incidentes de Tránsito 2019. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 27.

Rango de Incidentes de Tránsito 2020. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.7. Comportamiento de la Siniestralidad por años

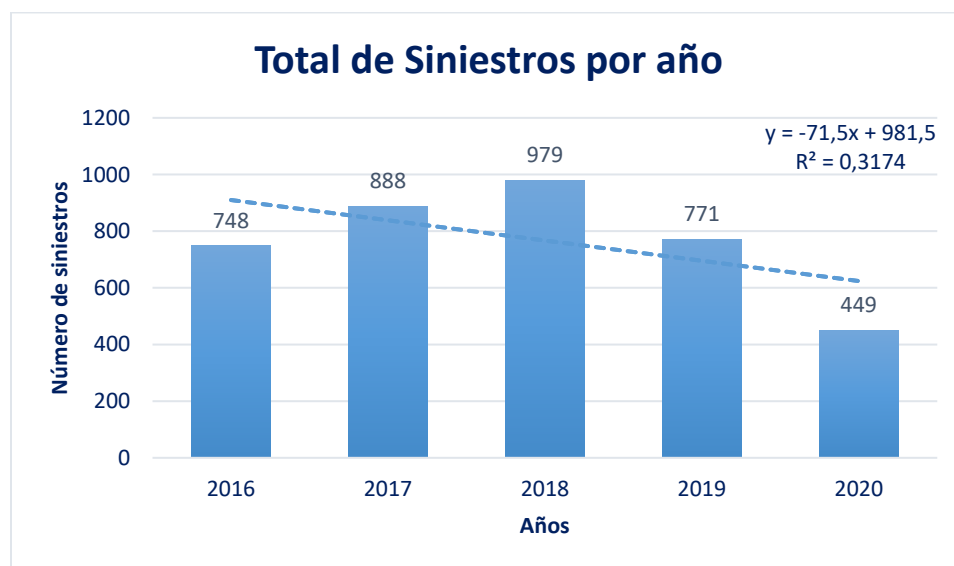
Una vez ejecutado el análisis de acuerdo a la zonificación planteada anteriormente, se realizó un estudio más general de la siniestralidad para el mismo periodo de tiempo. En este punto se identifica el número total de siniestros de tránsito registrados por año, cuya tendencia es lineal descendente, en otras palabras, el número de siniestros tienden a disminuir con el paso de los años. En el 2018 existe una excepción, dado que se presenta un punto máximo en relación a los años que le preceden, tal como se observa en la **Figura 2. 28.**

Según la **Figura 2. 29.** la tasa promedio de siniestros cada 24 horas indica que aproximadamente ocurren dos siniestros a diario, valor que no presenta mayor variabilidad desde el 2016 hasta el

2019, únicamente en el último año de estudio (2020) esta tasa decrece presentado en promedio la ocurrencia de un accidente diario. Su tendencia es decreciente de igual manera desde el año 2018.

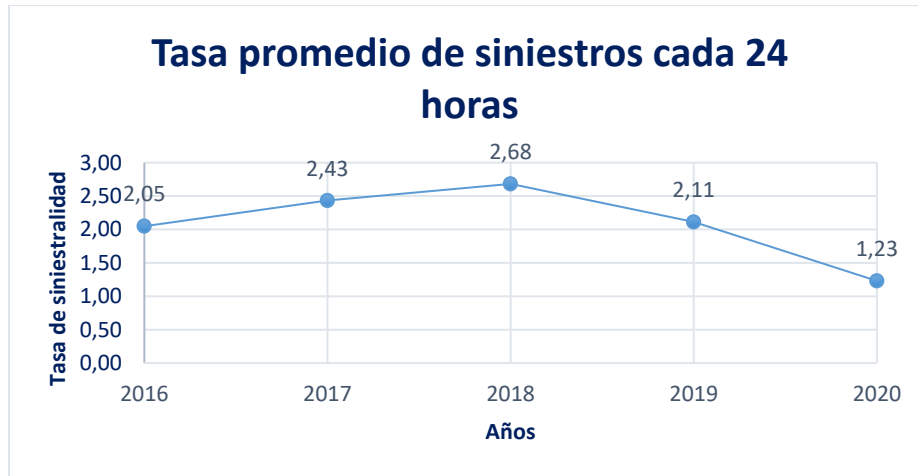
En la **Figura 2. 30.** se muestra una comparación del total de lesionados y fallecidos registrados por año en los distintos siniestros de tránsito ocurridos durante el periodo en análisis. En promedio existen 746 lesionados y 33.6 fallecidos por año, en donde el último dato es alarmante debido a que la media mundial es de 18 fallecidos por año. No hablamos únicamente de la pérdida de vidas humanas, sino también del costo económico que lleva consigo dicho deceso para el país. Según datos de la ANT, la muerte de un actor de tránsito le cuesta aproximadamente un total de \$240 000 al Estado ecuatoriano, en ese monto se incluyen los gastos derivados del siniestro y una estimación económica de lo que dejaría de aportar al país, en cuanto a su productividad.

Figura 2. 28.
Total de siniestros por año



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 29.
Tasa promedio de siniestros cada 24 horas



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 30.
Total de lesionados y fallecidos por año



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.8. Comportamiento de la Incidentalidad por años

Para el análisis de la incidentalidad se identificó el total de incidentes por año, de donde se puede inferir que la tendencia, a diferencia de los siniestros, es creciente con excepción del año 2020 que muestra el menor valor de eventos registrados. El punto máximo se da en el año 2019 con un total de 5126 incidentes de tránsito registrados en el cantón Cuenca como se puede ver en la **Figura 2. 31.**

Un factor involucrado en este aumento es que en el año 2019 se matricularon 919 vehículos más que en el 2018, además de que el parque vehicular ha presentado un crecimiento del 20% desde el 2017.

La mayor tasa de incidentes constatada en los últimos cuatro años fue de 14.04, tal es el caso de la **Figura 2. 32.**, esto quiere decir que a diario se producen aproximadamente 14 incidentes de tránsito dentro del cantón en análisis, tanto en las parroquias urbanas como rurales. El comportamiento a su vez es creciente, y a partir del 2020 este disminuye presentando una media de 8.3 incidentes cada 24 horas.

Figura 2. 31.

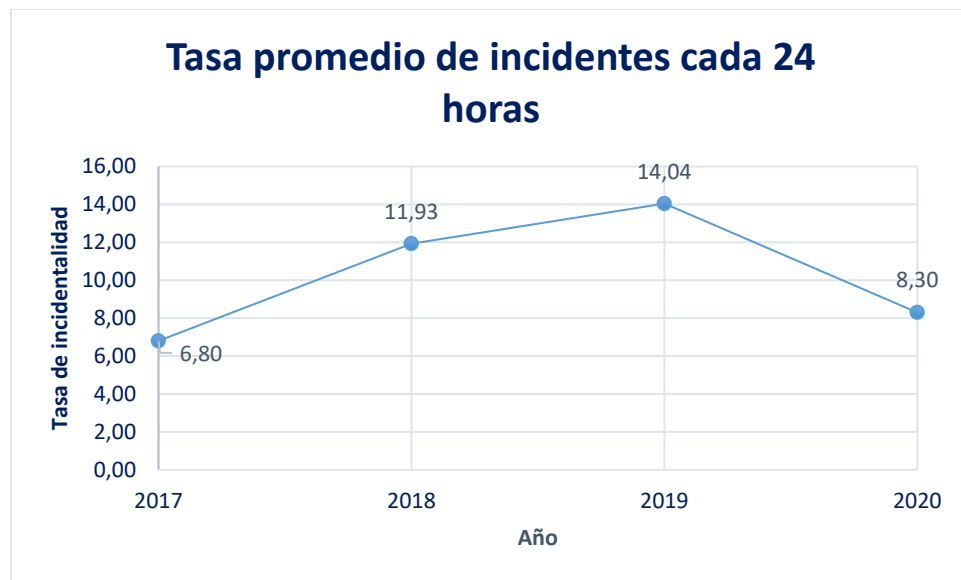
Total de incidentes por año



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 32.

Tasa promedio de incidentes cada 24 horas.



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.9. Siniestralidad por día de la semana y por hora del día

En lo que respecta a la siniestralidad por día de la semana y por hora del día del cantón Cuenca, se procedió a determinar el número de siniestros ocurridos por cada día de la semana, y de la misma forma por hora del día para lo que se dividió en intervalos de dos horas comenzando desde las 00:00.

En la **Tabla 2. 6.** se puede observar que el día de mayor conflicto es el día sábado con un total de 713 siniestros sucedidos durante los últimos cinco años, seguido de los días domingos y viernes, lo que significa que durante el fin de semana se registra la mayor cantidad de siniestros con un porcentaje de participación del 52%, mientras que entre semana se tiene un 48% correspondientes a cuatro días.

Tal como se observa en la **Figura 2. 33.** la frecuencia de siniestros es mayor en los días sábados con un valor promedio de 142.6 siniestros por día a lo largo del 2016 al 2020. Aquí se puede ver

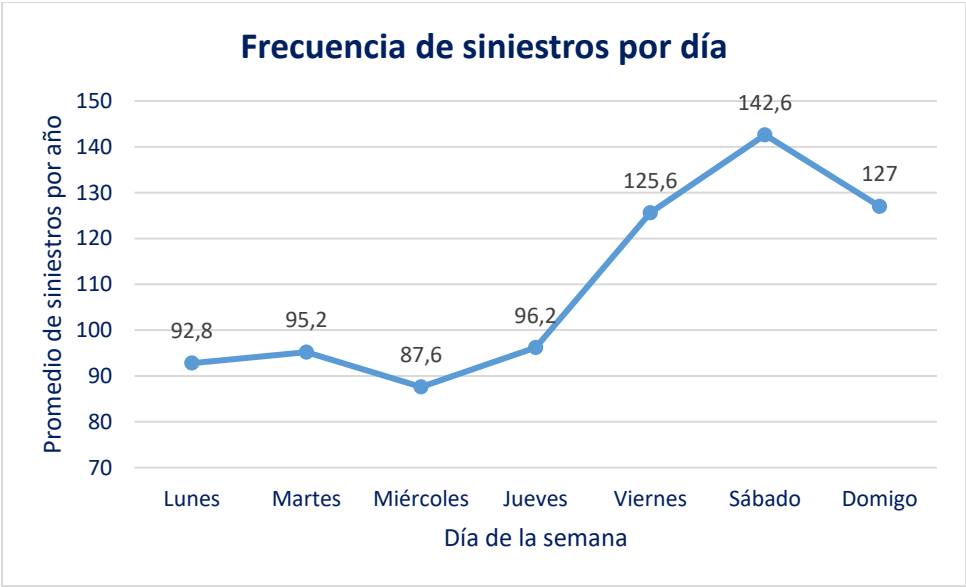
que conforme avanzan los días de la semana el número de siniestros aumenta, presentando sus puntos máximos y mínimos, los días sábados y miércoles respectivamente.

Tabla 2. 6.
Número de Siniestros por Día de la Semana por Año

Número de Siniestros por Día de la Semana por Año						
Día de la semana	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Lunes	96	88	133	93	54	464
Martes	101	115	116	89	55	476
Miércoles	78	108	105	99	48	438
Jueves	94	126	115	90	56	481
Viernes	123	145	169	123	68	628
Sábado	130	168	178	145	92	713
Domingo	126	138	163	132	76	635
Total	748	888	979	771	449	3835

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 33.
Frecuencia de siniestros por día



Nota. Elaborado por las autoras.

Como ya se explicó anteriormente, para procesar la información que se muestra en la **Tabla 2. 7.** se tomaron intervalos cada dos horas, en donde el mayor número de siniestros se da durante las 18:00 hasta las 19:59 con un total de 541 siniestros que equivalen al 14% del total, a causa de que

la mayoría de los ciudadanos regresan a sus domicilios en ese lapso de tiempo después de culminar sus actividades diarias. Los siguientes intervalos que presentan un alto índice de siniestralidad se da durante las 20:00 - 21:59 y las 16:00 - 17:59.

En la **Figura 2. 34.** se puede observar que la tendencia de la frecuencia por horas es lineal ascendente considerando que se comienza en las 00:00 y se termina con las 23:59, esto quiere decir que conforme avanza el día el número de siniestros incrementa. Se puede notar que el pico máximo corresponde al intervalo de las 18:00 - 19:59.

Tabla 2. 7.

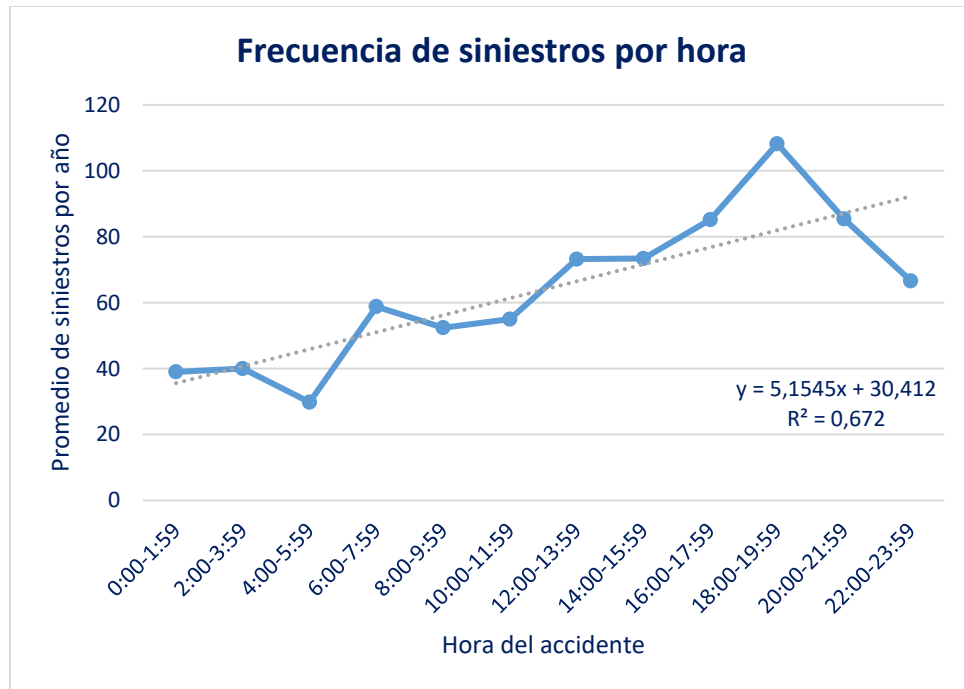
Número de Siniestros por Hora del Día por Año

Número de Siniestros por Hora del Día por Año						
Horas del día	2016	2017	2018	2019	2020	Total
0:00-1:59	50	45	46	38	16	195
2:00-3:59	50	45	40	53	12	200
4:00-5:59	31	37	41	25	15	149
6:00-7:59	68	58	85	45	38	294
8:00-9:59	55	64	59	50	34	262
10:00-11:59	58	62	83	38	34	275
12:00-13:59	67	82	96	75	46	366
14:00-15:59	70	86	86	76	49	367
16:00-17:59	75	102	117	86	46	426
18:00-19:59	92	131	138	113	67	541
20:00-21:59	78	87	107	100	55	427
22:00-23:59	54	89	81	72	37	333
Total	748	888	979	771	449	3835

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 34.

Frecuencia de siniestros por hora



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.10. Incidentalidad por día de la semana y por hora del día

Para empezar con el estudio de incidentalidad por día de la semana y por hora del día, se siguió el mismo procedimiento que para la siniestralidad, pero para esto se empleó la base de datos de incidentes desde el 2017 al 2020 y se prosiguió a clasificar el número de incidentes por días y por horas tomando los mismos intervalos de tiempo. De acuerdo a la **Tabla 2. 8.**, se puede identificar que el día con mayor número de incidentes es el viernes con un total de 2445 que equivalen al 16% del global, sin embargo los otros días no se quedan atrás puesto que cada uno aporta un 15% a la incidentalidad diaria, con excepción del día domingo, que para los siniestros tiene un porcentaje significativo (17%), mientras que para los incidentes presenta solo un 10% teniendo una diferencia promedio de aproximadamente 802.5 incidentes en relación a los demás.

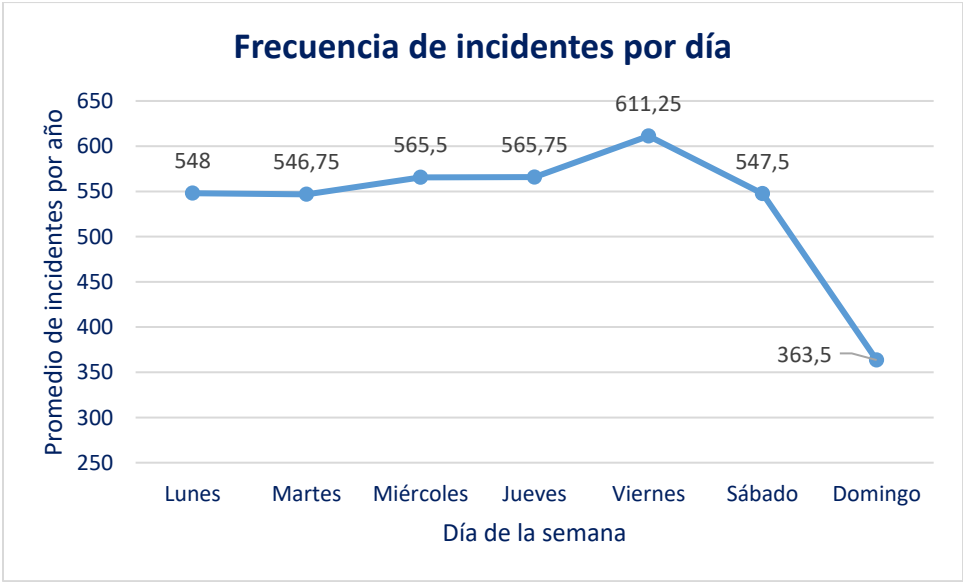
Todo lo explicado en el párrafo anterior se entiende de mejor manera en la **Figura 2. 35.** en donde se puede apreciar una tendencia descendente. El día domingo presenta un valor relativamente bajo en comparación con los demás con un promedio diario de 363.5 incidentes, en cambio su extremo máximo se da el día viernes con una frecuencia relativa promedio de incidentes por día igual a 611.25, que es más o menos la mitad de la frecuencia del domingo.

Tabla 2. 8.
Número de Incidentes por Día de Semana por Año

Número de Incidentes por Día de la Semana por Año					
Día de la semana	2017	2018	2019	2020	Total
Lunes	350	682	730	430	2192
Martes	355	621	776	435	2187
Miércoles	392	681	749	440	2262
Jueves	360	655	796	452	2263
Viernes	393	711	834	507	2445
Sábado	372	587	751	480	2190
Domingo	261	417	491	285	1454
Total	2483	4354	5127	3029	14993

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 35.
Frecuencia de incidentes por día



Nota. Elaborado por las autoras.

Recapitulando el análisis de incidentalidad por horas del día, el rango con mayor frecuencia de incidentes, igual que para el caso de los siniestros, se da entre las 18:00 - 19:59 con un total de 2083 incidentes identificados tal como se muestra en la **Tabla 2. 9.**, aportando con un 14% al valor general de eventos. A continuación, los rangos de horas con índices de incidentalidad representativos se dan entre las 16:00 - 17:59 y las 12:00 - 13:59 con un porcentaje del 13% cada uno, por otro lado, el intervalo con menor incidentes es el de las 04:00 - 05:59 con un total de 168 incidentes que como representan únicamente el 1% de toda la incidentalidad determinada en los últimos cuatro años.

Al igual que los siniestros, muestran una tendencia creciente, de modo que los incidentes aumentan con el paso de las horas. En la **Figura 2. 36.** se pueden apreciar los puntos más relevantes explicados en el párrafo anterior, en otras palabras, aquellos de mayor y menor incidencia.

Tabla 2. 9.

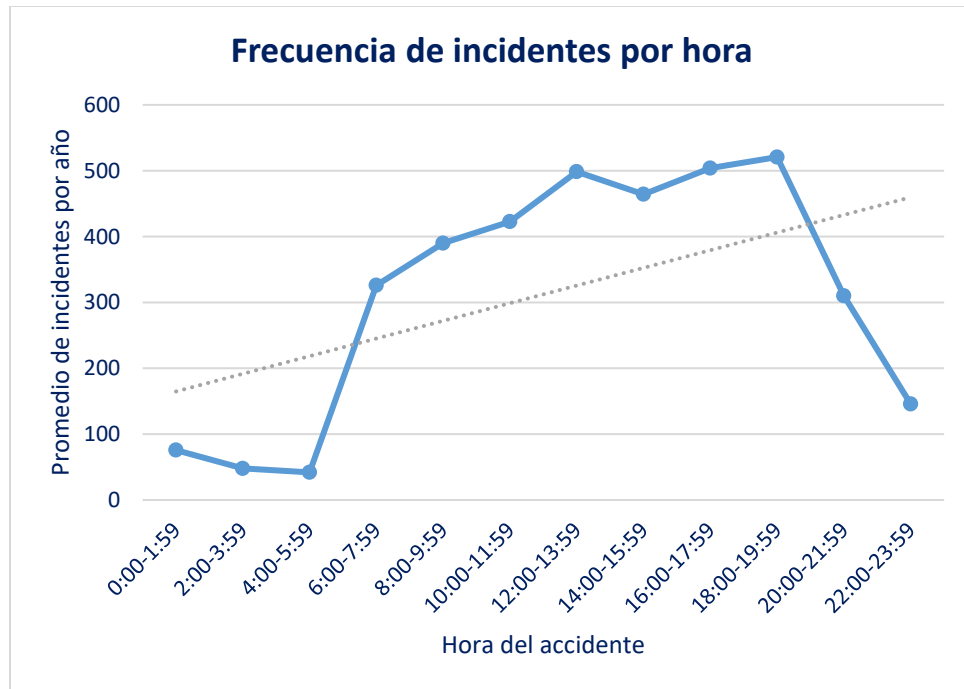
Número de Incidentes por Hora del Día por Año

Número de Incidentes por Hora del Día por Año					
Horas del día	2017	2018	2019	2020	Total
00:00 - 1:59	44	117	97	45	303
2:00 - 3:59	30	56	69	37	192
4:00 - 5:59	37	36	60	35	168
6:00 - 7:59	189	442	451	222	1304
8:00 - 9:59	255	462	534	309	1560
10:00 - 11:59	265	521	542	363	1691
12:00 - 13:59	320	546	720	408	1994
14:00 - 15:59	324	547	627	359	1857
16:00 - 17:59	362	569	681	404	2016
18:00 - 19:59	332	596	710	445	2083
20:00 - 21:59	218	316	431	275	1240
22:00 - 23:59	106	146	204	127	583
Total	2482	4354	5126	3029	14991

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 36.

Frecuencia de incidentes por hora



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.11. Tipologías de siniestralidad

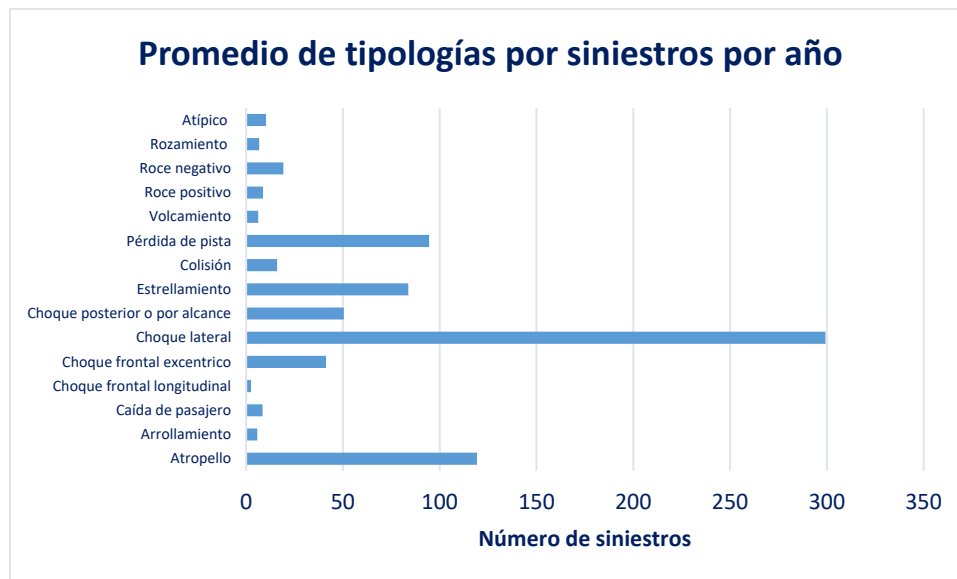
Para empezar con el análisis por tipologías de los distintos siniestros registrados durante los últimos cinco años, se identificó el número de siniestros ocurridos de acuerdo a la clasificación de tipologías obtenida por parte de la EMOV EP, la cual establece un total de 15 tipologías, como puede verse en la **Figura 2. 37.**, con su respectivo promedio por año.

En este punto es necesario exponer una falla encontrada en la base de datos de la EMOV EP, la cual presentó ausencias de ciertas tipologías para algunos años, como fue el caso de los años 2016 y 2017, en los que no se contaba con la clasificación de choque lateral angular y choque lateral perpendicular, no siendo el caso de los siguientes años sí, por lo que se decidió sumar ambas tipologías y considerarlas únicamente como “choque lateral”, ya que ambos conceptos se asemejan.

De la **Figura 2. 38.** se puede inferir que la principal tipología de siniestros de tránsito es la de choque lateral, seguida de atropello, pérdida de pista y estrellamiento, siendo las cuatro tipologías principales con mayor incidencia en los siniestros de tránsito de los últimos cinco años (2016 – 2020), en la misma figura se observa sus respectivos porcentajes de participación dentro de la siniestralidad del cantón Cuenca, incluido el tanto por ciento de las tipologías restantes representado como “otros”. Cada una de estas tipologías está vinculada ya sea a una o varias causas de accidentalidad, por ejemplo, para “choque lateral” las principales causas catalogadas a nivel mundial son: exceso de velocidad, no detenerse en la luz roja, conducción distraída o agresiva, y malas condiciones climáticas.

Figura 2. 37.

Promedio de tipologías por siniestros por año

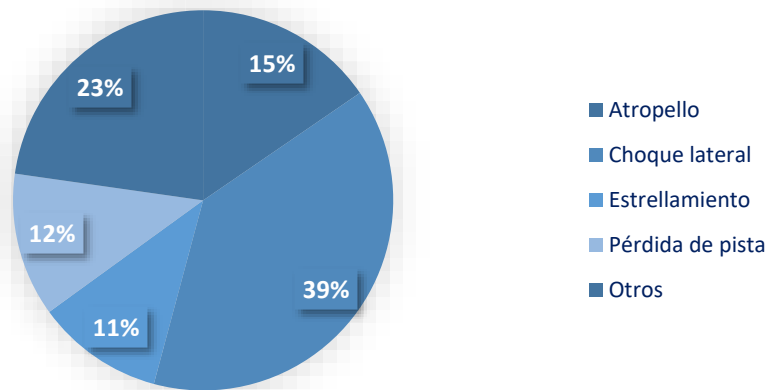


Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 38.

Tipos de siniestros más frecuentes

Tipos de siniestros más frecuentes



Nota. Elaborado por las autoras.

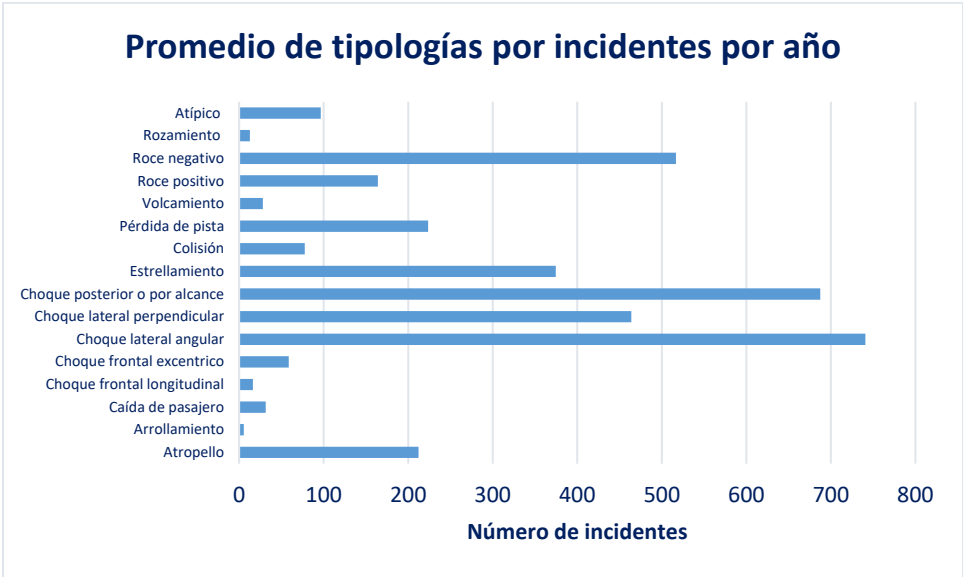
2.4.12. Tipologías de incidentalidad

Con relación al estudio de tipologías de incidentalidad, se realizó el mismo procedimiento que para los siniestros de tránsito. De la **Figura 2. 39.** se puede identificar el promedio de incidentes determinados para cada una de las distintas tipologías, pudiendo distinguir cuatro esenciales. En primer lugar, está el choque lateral angular, en segundo lugar, se encuentra el choque posterior o por alcance, luego el roce negativo y por último el choque lateral perpendicular. Una vez ocurrido el incidente, se le asigna a cada tipología un calificativo dependiendo del factor involucrado y de la representación del accidente, es decir, una causa dependiendo de las condiciones en las que se dio dicho evento. Al igual que en los siniestros pueden estar relacionadas varias causas con la misma tipología.

Para entender de mejor manera el peso que tiene cada una de estas variables cualitativas se presenta un gráfico de pastel, el mismo que se muestra en la **Figura 2. 40.,** este hace referencia a las

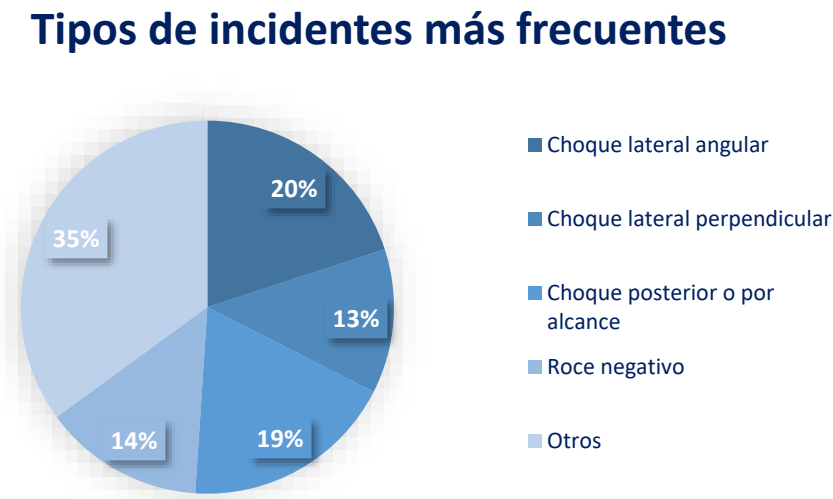
principales tipologías mencionadas anteriormente incluida la variable “otros” la cual engloba el resto de tipologías con menor número de incidentes.

Figura 2. 39.
Promedio de tipologías por incidentes por año



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 40.
Tipos de incidentes más frecuentes



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.13. Siniestralidad por meses del año y principales causas

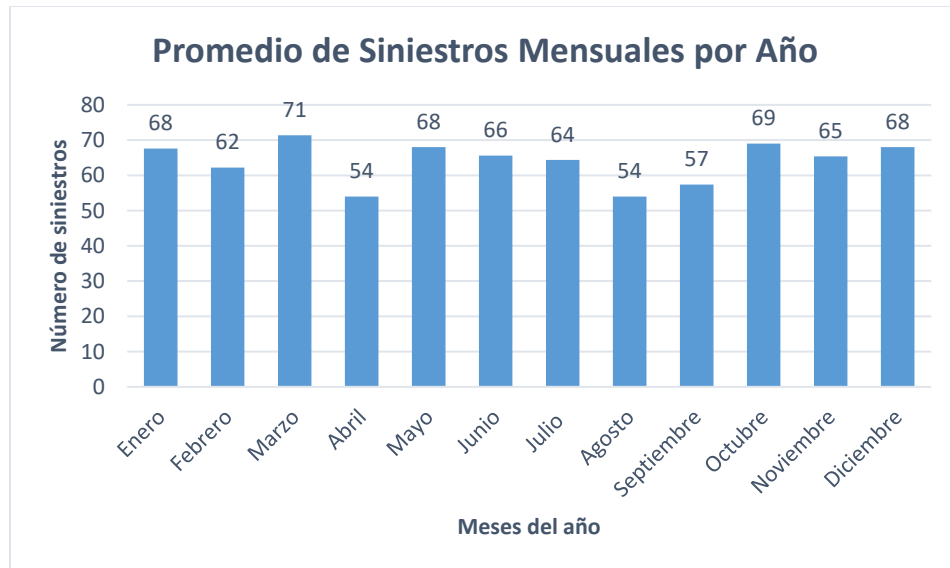
El objetivo principal del estudio de siniestralidad por mes del año es encontrar el promedio mensual desde el año 2016 al 2020 de todos los siniestros de tránsito registrados durante ese periodo, con el fin de conocer los meses más problemáticos, tal como se muestra en la **Figura 2. 41**.

Se podría decir que el mes con más siniestros es el mes de marzo que cuenta con 71 sucesos, sin embargo, se observa en la misma figura que los otros meses presentan valores cercanos a este por lo que todos se mantienen dentro de un mismo rango. En consecuencia, se puede decir que todos los meses presentan un número similar de eventos, sin tener un mes de mayor o menor influencia.

Aquí se analizaron también las causas más relevantes en la ocurrencia de siniestros de tránsito, esto se evidencia en la **Figura 2. 42**. Primeramente, está No respetar las señales reglamentarias de tránsito con un total de 781 siniestros que representan la quinta parte de las causas de siniestralidad del cantón Cuenca, es decir, el 20%. Luego se encuentra Conducir bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos y Conducir desatento a las condiciones de tránsito, con 733 y 723 siniestros, respectivamente, aportando cada una con un 19% al porcentaje global de siniestralidad. Posteriormente, tenemos No ceder el derecho de vía o preferencia de paso a vehículos con 253 siniestros y en último lugar Realizar cambio brusco o indebido de carril con 224. Estas últimas abarcan un 7 y 6% del total de la siniestralidad para los cinco años anteriores. Aunque la mayoría presenta una tendencia lineal relativamente constante, la tercera causa muestra picos y valles bastante marcados en los meses de octubre y agosto, respectivamente. El punto mínimo puede deberse a que en agosto se suspenden las actividades escolares ocasionando un menor flujo vehicular.

Figura 2. 41.

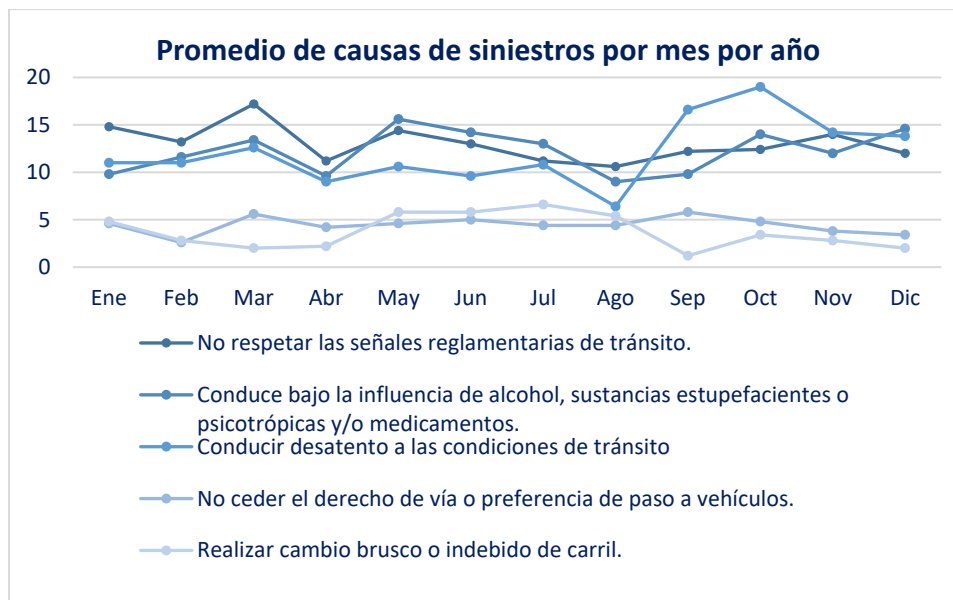
Promedio de siniestros mensuales por año



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 42.

Promedio de causas de siniestros por mes por año



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.14. Incidentalidad por meses del año y principales causas

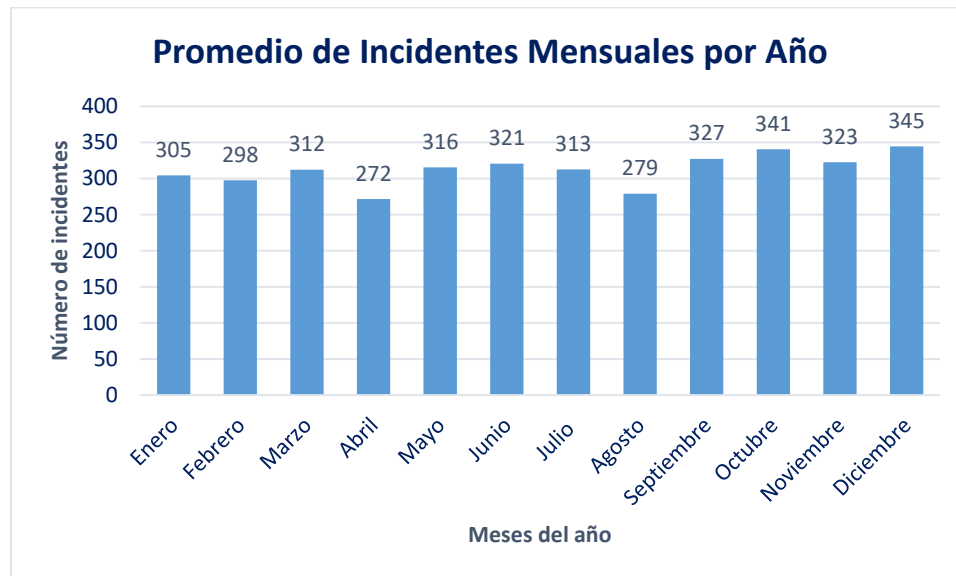
Para comenzar con el análisis de la incidentalidad por meses del año se identificó el número de incidentes registrados para cada uno de los meses de los cuatro años que abarca el presente estudio (2017 - 2020). Esto se realizó con el propósito de identificar los meses más conflictivos de todos los años analizados, en la **Figura 2. 43.** se puede ver el valor promedio de los incidentes registrados, en donde el mes con mayor incidencia es diciembre, debido a las fiestas navideñas y fin de año que tienen lugar dicho mes; no obstante, los meses siguientes presentan números similares, es decir, que la diferencia entre cada uno es mínima. Los únicos meses que muestran una disparidad notable son abril, agosto y febrero, a pesar de que en esos meses se dan festividades como carnaval y vacaciones escolares el número de incidentes es menor.

Las principales causas de incidentes se pueden observar en la **Figura 2. 44.**, es decir, aquellas con mayor repercusión por cada mes del año. En primer lugar, está Conducir desatento a las condiciones de tránsito con 5213 incidentes, en segundo lugar, se encuentra la Imprudencia del conductor con 3894. En tercer lugar, se encuentra la de Causas desconocidas con un total de 2266 incidentes registrados en los últimos cuatro años. Posteriormente, se obtuvo la de Casos fortuitos con 542 incidentes, pero no se consideró dado que son casos de fuerza mayor para los que no se puede implementar medidas de seguridad vial ya que están fuera de ese alcance al no ser evitables ni previsibles ya que no existe una relación directa entre el hombre y la causa, como sería el caso de la caída repentina de un puente o un derrumbe, porque pese a manejar con atención a las condiciones del tránsito si ese tipo de circunstancias se presentan en la vía es inevitable que ocurra un incidente de tránsito. Por lo que en su lugar se tomó la de No respetar las señales reglamentarias de tránsito con un valor absoluto de 433, que para los siniestros esta es la primera causa de accidentalidad; y por último, con 380 incidentes está No mantener la distancia prudencial con

respecto al vehículo que le antecede. En la misma figura se puede ver que la tendencia de todas las causas es lineal constante, esto es que para todos los meses cada una presenta valores dentro de un rango similar, por lo que no presentan puntos máximos ni mínimos significativos.

Figura 2. 43.

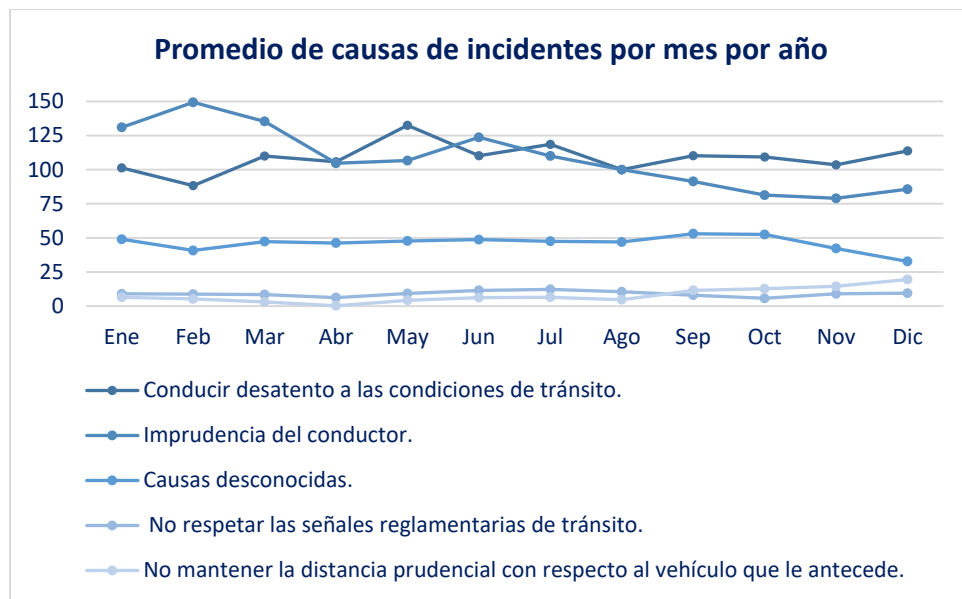
Promedio de incidentes mensuales por año



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 44.

Promedio de causas de incidentes por mes por año



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.15. Siniestros por tipo de vehículo y servicio vehicular

El objetivo principal del análisis de siniestros por tipo de vehículo y servicio vehicular es identificar el porcentaje de participación que tiene cada variable dentro de la siniestralidad del cantón Cuenca, para este punto se emplearon los datos entregados por la EMOV EP desde el año 2018 al 2020, esto debido a que en ese periodo de tiempo registraron para los siniestros de tránsito las variables que incluyen el tipo de vehículo y el tipo de servicio vehicular, tal como se observa en las **Figura 2. 45.Figura 2. 46.**respectivamente.

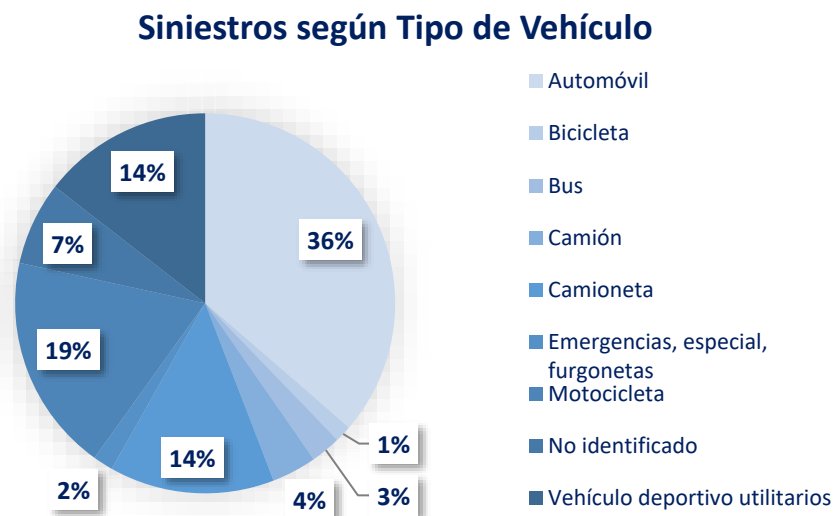
El principal vehículo involucrado en siniestros de tránsito es el automóvil con un porcentaje igual al 36%, por lo mismo el tipo de servicio vehicular más frecuente es el particular con una tasa de participación del 79%, en donde también se suman las motocicletas, siendo el segundo transporte con mayor índice de siniestralidad presentando un aporte del 19%. A esto se añaden también los

vehículos deportivos utilitarios y las camionetas, los cuales en su mayoría son de tipo de particular, cuyo porcentaje promedio es del 14% cada uno.

El servicio vehicular particular es el más frecuente como ya se mencionó anteriormente, esto se debe a que por cada cinco habitantes del cantón Cuenca existe un vehículo, el cual en su mayoría es para uso privado. Cabe mencionar que el crecimiento del parque automotor en Cuenca es del 10%, mientras que el poblacional es únicamente del 2% (Moyano Tobar, 2020). Por otra parte, el tipo de servicio vehicular menos involucrado en siniestros de tránsito son los pertenecientes al Estado, Gobiernos seccionales y Cuenta Propia.

Figura 2. 45.

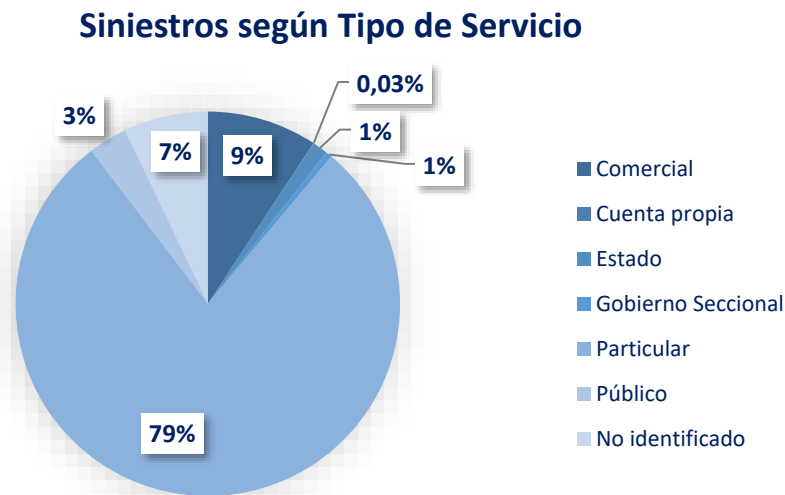
Siniestros según tipo de vehículo



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 46.

Siniestros según tipo de vehículo



Nota. Elaborado por las autoras.

2.4.16. Siniestros por tipo de participante, edad y sexo

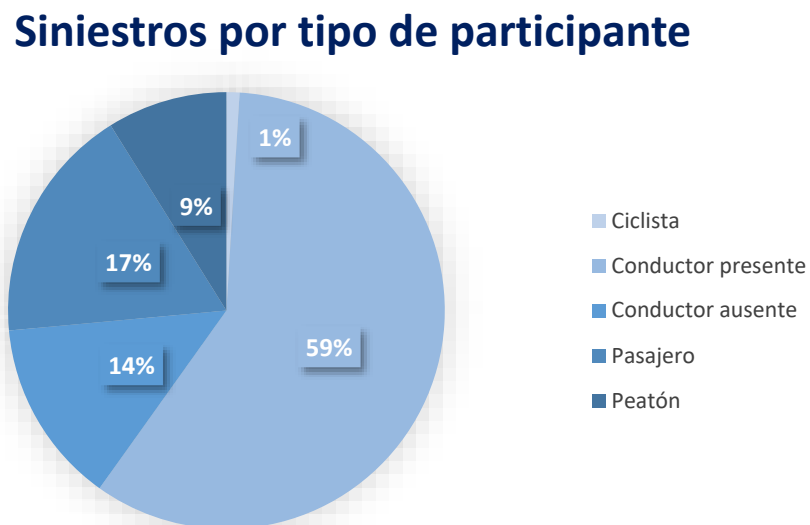
Ahora bien, para el análisis de siniestros por tipo de participante, edad y sexo, se utilizó la misma metodología explicada en el punto anterior, la cual consistía en identificar la atribución de cada variable. En la **Figura 2. 47.** se observa que el tipo de participante más frecuente en estos eventos es el conductor presente con una intervención del 59%, por lo mismo es el actor que presenta mayor número de lesionados los que corresponden casi a la mitad de todos los participantes seguido de los pasajeros con un 38% tal como se indica en la **Figura 2. 49.**

Sin embargo, los que se ubican en primer lugar en cuanto a fallecidos no son los conductores sino los peatones con un porcentaje igual al 41%, seguido de conductor presente y pasajero con un 35 y 23%, correspondientemente; por otro lado, el grupo con menos involucrados tanto para lesionados como fallecidos son los ciclistas con una participación de apenas 2%. (**Figura 2. 50.**)

Según la **Figura 2. 48.**, más del 50% de los participantes involucrados en siniestros de tránsito resultan lesionados, mientras que la otra mitad hace referencia a víctimas mortales. De acuerdo con estadísticas mundiales de la OMS, casi la mitad de las personas que fallecen a consecuencia de accidentes de tránsito son peatones, ciclistas o usuarios de vehículos de motor de dos ruedas, siendo los usuarios de la carretera con mayor riesgo de sufrir lesiones graves o la muerte, y según todo lo mencionado anteriormente Cuenca no está alejada de esta realidad.

Figura 2. 47.

Siniestros por tipo de participante

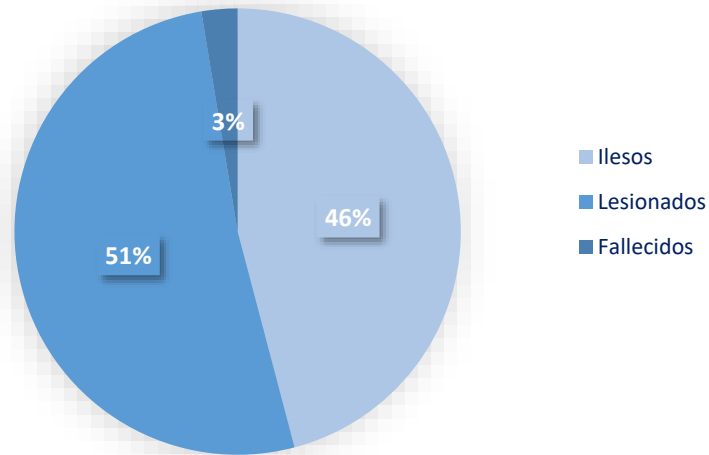


Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 48.

Estado del participante de un siniestro

Estado del participante de un siniestro

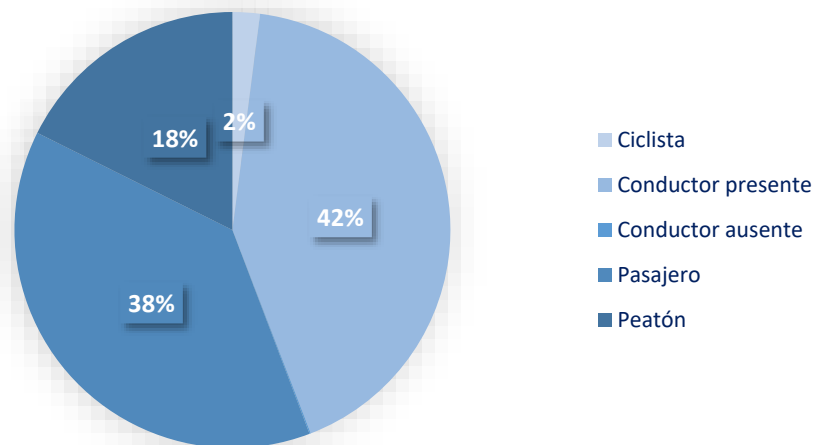


Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 49.

Lesionados por tipo de participante

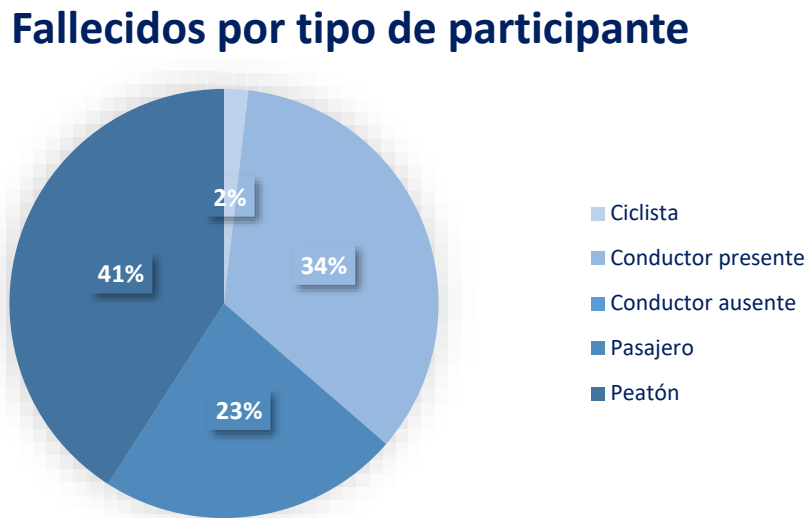
Lesionados por tipo de participante



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 50.

Fallecidos por tipo de participante



Nota. Elaborado por las autoras.

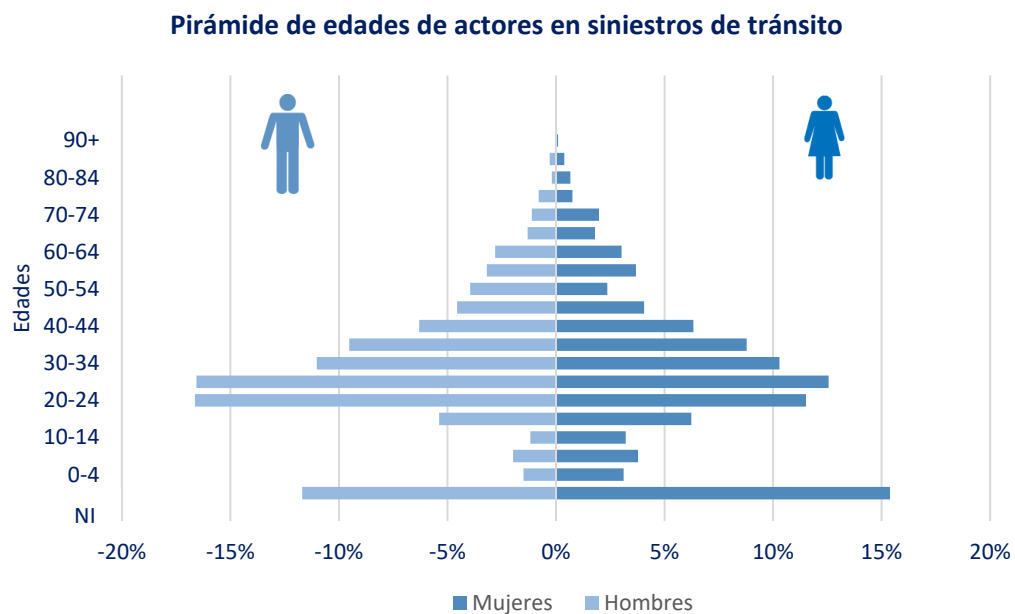
Continuando con el análisis por sexo y edad de los participantes involucrados se observa en la **Figura 2. 51.** de la cual se puede apreciar que los actores en siniestros de tránsito en su mayoría se concentran en las edades desde los 20 hasta los 34 años, tanto para hombres como para mujeres. De la base de datos de la EMOV EP se tiene un total de 4208 participantes que corresponden al periodo del 2018 al 2020, siendo una cifra considerable para el presente estudio.

Simultáneamente, se procedió a identificar los distintos tipos de participantes, es decir, conductor presente, pasajero, peatón y ciclista, y posteriormente clasificarlos por sexo para de esta manera conocer el porcentaje de participación que tiene cada actor. Para los conductores y ciclistas es evidente que la mayor participación corresponde a los varones con más del 80%, mientras que las mujeres son una minoría a las que se les otorga el 13 y 11%, respectivamente; por consiguiente, la totalidad de los fallecidos se atribuyen a los hombres, es decir, el 100% de víctimas mortales corresponden al grupo mencionado, todo esto se muestra en las **Figura 2. 52.** y **Figura 2.55.**

Por último, en las **Figura 2. 53. Y Figura 2.54.**, tenemos el análisis del grupo de pasajeros y peatones, para los que no existe una diferencia marcada en comparación con los anteriores, dado que hombres y mujeres se acercan al 50% teniendo la misma participación. No obstante, el número de fallecidos sigue siendo más alto para el grupo masculino, con un tanto por ciento del 60 y 69 para pasajeros y peatones.

Figura 2. 51.

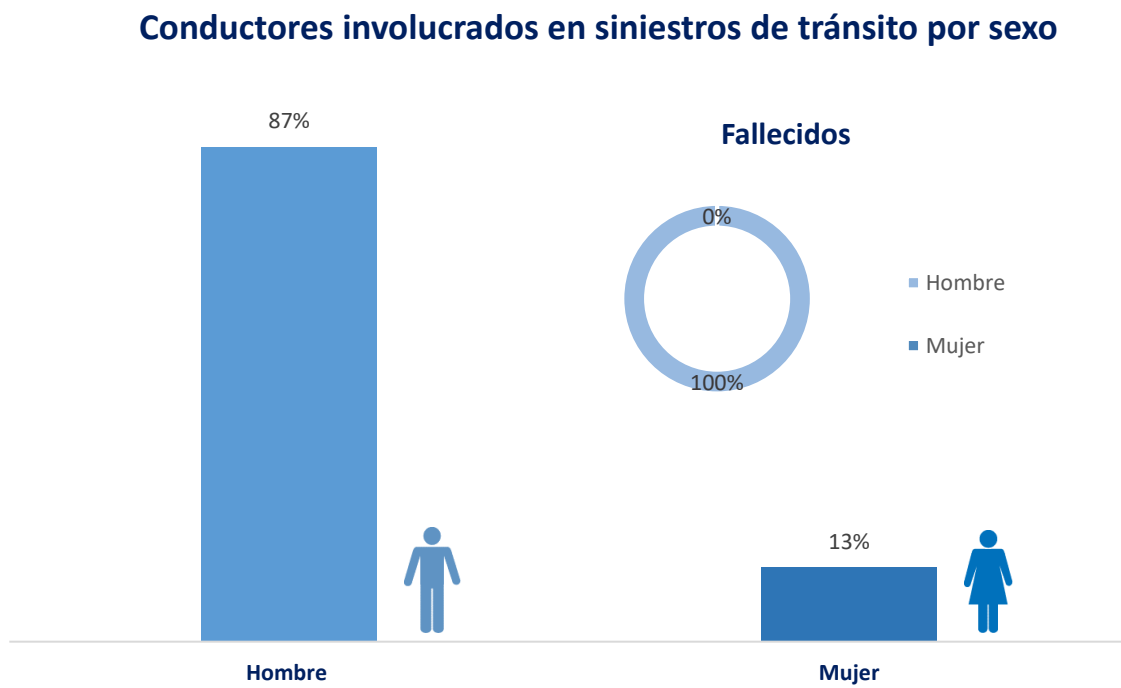
Pirámide de edades de actores en siniestros de tránsito



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 52.

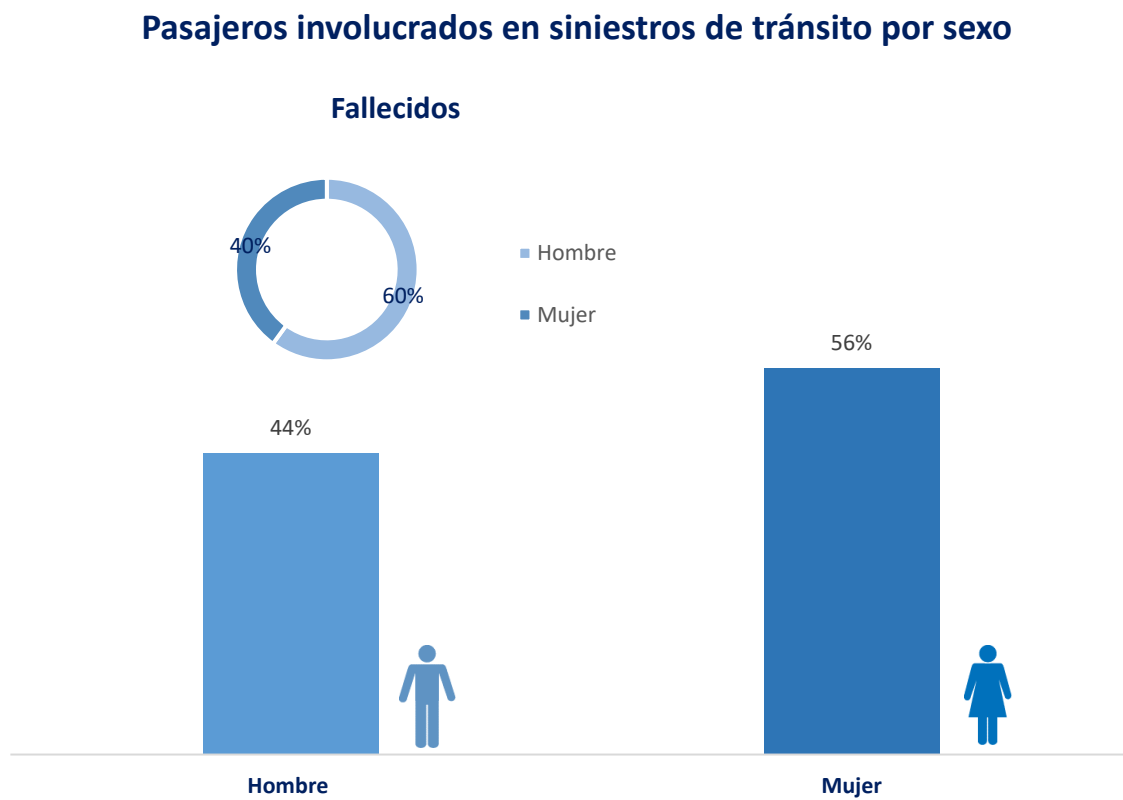
Conductores involucrados en siniestros de tránsito por sexo



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 53.

Pasajeros involucrados en siniestros de tránsito por sexo



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 2. 54.

Peatones involucrados en siniestros de tránsito por sexo

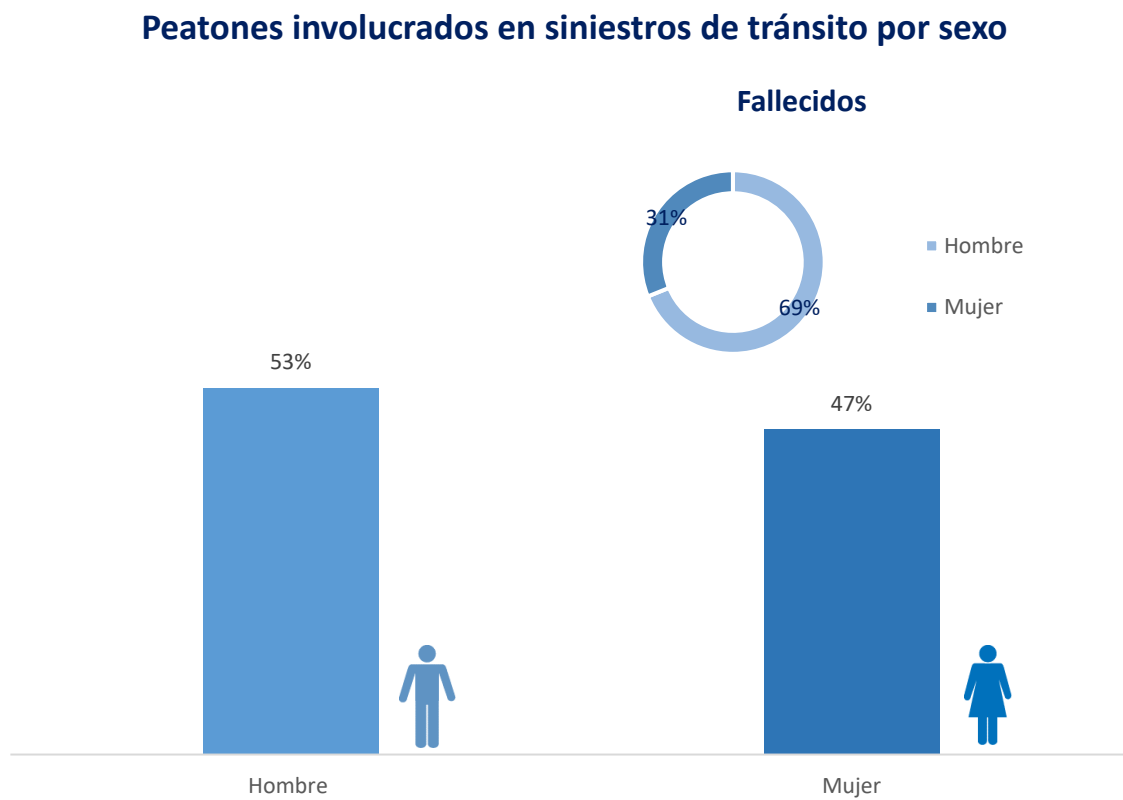
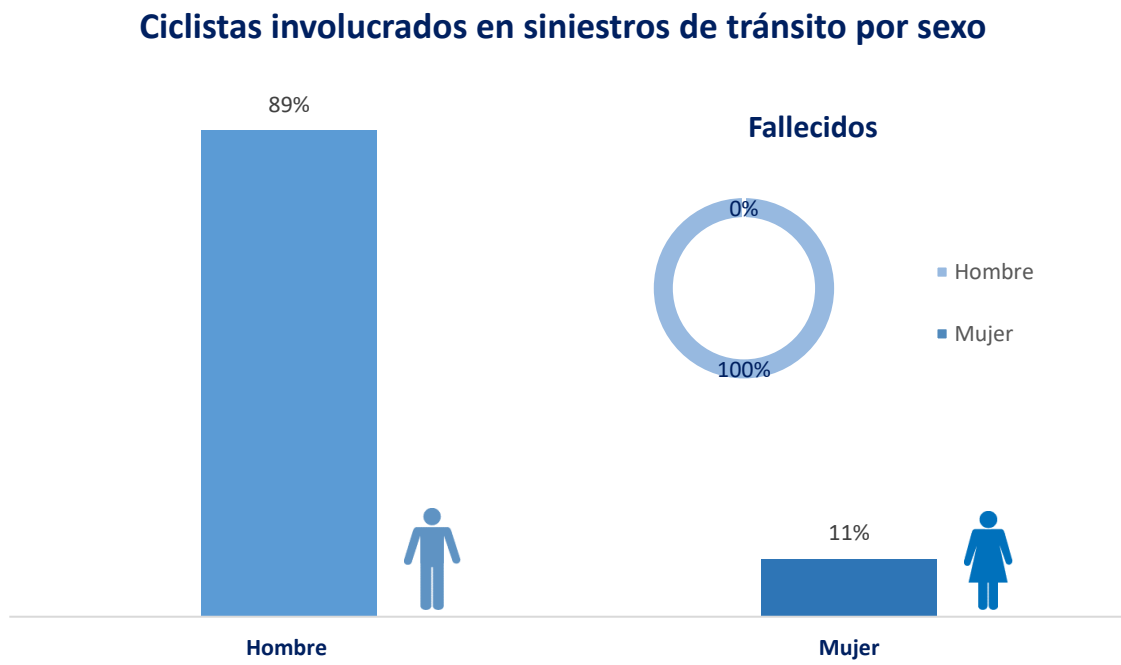


Figura 2. 55.

Ciclistas involucrados en siniestros de tránsito por sexo



Nota. Elaborado por las autoras.

CAPÍTULO 3

MODELO MATEMÁTICO DE PROYECCIONES DE ACCIDENTES DE TRANSITO

3.1. Modelo ARIMA

El método utilizado para el análisis de series de tiempo de accidentalidad del cantón Cuenca es el modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA), el cual ya fue explicado con anterioridad en **Series temporales**. Se decidió emplear este modelo puesto que se cuenta con suficientes datos, un total de 60 observaciones mensuales correspondientes al periodo 2016 - 2020 que representan el valor de siniestros y fallecidos registrados en dicho lapso. Eso nos permite predecir el comportamiento que tendrá la siniestralidad y mortalidad para los próximos cinco años. Para realizar este análisis los datos fueron convertidos a un lenguaje informático en el software de R Studio.

3.1.1. Metodología Modelo ARIMA en R Studio

Para aplicar este modelo estadístico se debe realizar un análisis exploratorio de datos por lo que se procede a graficar el comportamiento real de las variables a lo largo del periodo de estudio. Si es que la serie muestra variabilidad con respecto al tiempo, se descompone con el fin de tener una mayor aproximación de su tendencia y estacionariedad, es decir se analiza si la serie es o no estacionaria. Esto se puede constatar mediante el correlograma muestral, así como la prueba de Dickey – Fuller.

A fin de entender a que hace referencia el correlograma, es necesario definir los términos PACF y ACF los cuales representan a los componentes Autorregresivos y Medias Móviles respectivamente. Ahora bien, lo que los correlogramas pretenden mostrar son los residuos o

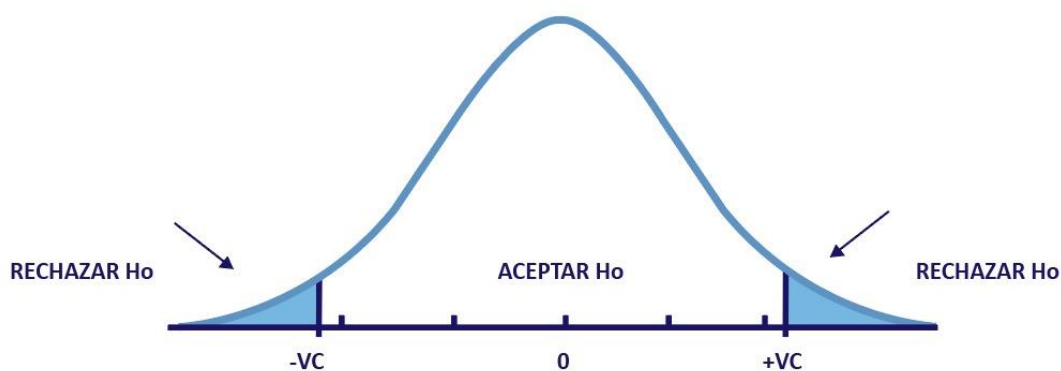
rezagos que presenta la serie, es decir aquellos valores que sobrepasan los límites de confianza. El valor que toma tanto el Autorregresivo (p) como la Media Móvil (q) depende del número de rezagos. La autocorrelación en el retraso 0 se incluye por defecto, que siempre toma el valor 1, ya que representa la correlación entre los datos y ellos mismos (B. Gómez, 2020).

Por otro lado, la prueba de Dickey – Fuller busca determinar la estacionariedad de la serie mediante sus raíces unitarias, y cuenta con dos hipótesis H_0 y H_1 , las cuales pueden ser rechazadas o aceptadas dependiendo del comportamiento de la serie. Se busca que el valor de p (obtenido de la prueba ADF) sea menor a 0.05, esto se puede observar en la **Figura 3. 1**.

- H_0 : la serie no es estacionaria – tiene raíz unitaria.
- H_1 : la serie es estacionaria – no tiene raíz unitaria.

Figura 3. 1.

Hipótesis de la prueba de Dickey – Fuller.



Nota. Elaborado por las autoras.

El elemento Integrado (d) del modelo ARIMA representa el número de diferencias necesarias para afirmar que la serie es estacionaria. Si en primera instancia al aplicar la prueba de Dickey Fuller

la serie presenta estacionariedad el componente Integrado es cero, caso contrario se debe iterar hasta que la serie tenga media y varianza igual a cero. El valor de d toma el número de iteraciones realizadas.

Una vez definidas las posibles combinaciones para (p, d, q) a través de los correlogramas y diferencias, se procede a probar los modelos propuestos para seleccionar el mejor de ellos mediante el criterio de información de Akaike (AIC). El AIC es una medida que proporciona la estimación de la distancia entre el modelo y el mecanismo que realmente genera los datos observados. El modelo más adecuado es aquel que tiene el menor valor de AIC, es importante mencionar que este criterio no es individual y solo tiene sentido cuando se realizan comparaciones utilizando los mismos datos experimentales (Martínez et al., 2009).

El software utilizado para este análisis, R Studio, cuenta con una función denominada *auto.arima*, la cual prueba de manera automática todas las posibles combinaciones de los componentes ARIMA, comparando los valores de AIC y obteniendo como resultado el modelo más adecuado para caracterizar los datos.

Una vez ajustado el modelo se prosigue a validarlo graficando los correlogramas de residuos ACF y PACF con el propósito de observar los retardos. Se acepta que el modelo aplicado es correcto considerando que los rezagos están dentro de los límites de confianza. Como contrapartida podrían existir retardos que sobrepasen dichos límites, lo que indica que el modelo debería reajustarse incorporando una componente estacional, en otros términos, se debe aplicar un Modelo ARIMA Estacional o SARIMA. Este modelo incorpora factores no estacionales y estacionales en un modelo multiplicativo. Una notación abreviada para el modelo es:

$$\text{ARIMA } (p, d, q) \times (P, D, Q) S$$

El primer paréntesis (p, d, q) se refiere a la parte regular, el segundo (P, D, Q) a la parte cíclica y S representa la frecuencia de los datos de la serie temporal (Salinas Cabrera & Vele Figueroa, 2014).

Al igual que en el modelo ARIMA, se emplea el comando *auto.arima*. Posteriormente se obtienen las gráficas de ACF y PACF de los residuos para comprobar la existencia de ruido blanco. Esto significa que el error tiene media igual a cero, varianza constante y no está serialmente correlacionada. Con la finalidad de evaluar este parámetro se aplica la prueba de Box y Ljung, la misma que evalúa si los residuos de la serie de tiempo son independientes. Cuenta con dos hipótesis:

- H_0 : los datos se distribuyen de forma independiente.
- H_1 : los datos no se distribuyen de forma independiente.

Si los valores p de Box y Ljung son mayores a 0.05 podemos aceptar la primera hipótesis y asumir que los datos se distribuyen de forma independiente, en cambio si los valores resultan menores, se reduce la exactitud del modelo predictivo lo que puede conducir a una interpretación errónea de los datos.

Adicionalmente para una mayor confiabilidad en el ajuste de los residuos se aplica la prueba de Shapiro Wilk. Este criterio de evaluación plantea la hipótesis nula de si una muestra proviene de una distribución normal con un nivel de significancia de 0.05, se plantea una hipótesis alternativa que sostiene que la distribución no es normal cuando p es menor al valor de significancia. Si se cumple la hipótesis nula se valida el modelo (Dietrichson, 2019).

- H_0 : los datos se distribuyen normalmente
- H_1 : los datos no se distribuyen normalmente

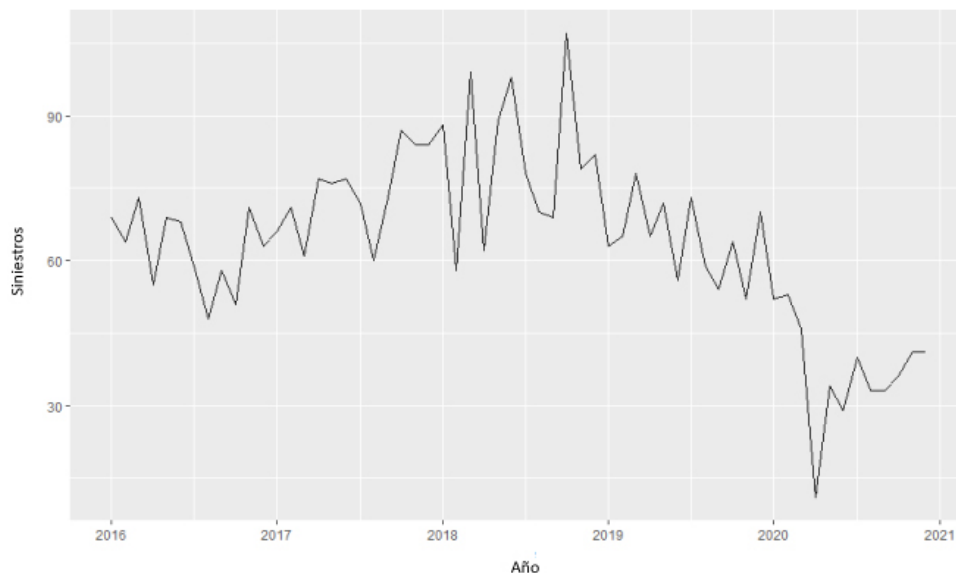
En última instancia se realizan las proyecciones para la serie de tiempo utilizando el modelo correctamente ajustado. De este modo R Studio proporciona una gráfica con la tendencia futura, además se muestra un área sombreada con intervalos de predicción del 80% y 95% de confianza.

3.2. Proyección del número de accidentes hasta el año 2026

En la **Figura 3. 2.** podemos observar el comportamiento de los siniestros a lo largo de los años de estudio, mientras que en la **Figura 3. 3.** aparece la misma serie temporal diferenciada por meses. Claramente apreciamos que se trata de una serie no estacionaria ya que presenta variación en el tiempo, y su media y varianza no son cero. Para tener una mayor aproximación de su tendencia, estacionalidad y residuos, descomponemos la serie de tiempo (**Figura 3. 4.**), donde se puede inferir que tiende a disminuir presentando un punto máximo correspondiente al año 2018. Así mismo, se realiza el diagrama ACF (**Figura 3. 5.**), en el que confirmamos que la serie es no estacionaria ya que no decae de manera exponencial a medida que aumentan los rezagos en el tiempo.

Figura 3. 2.

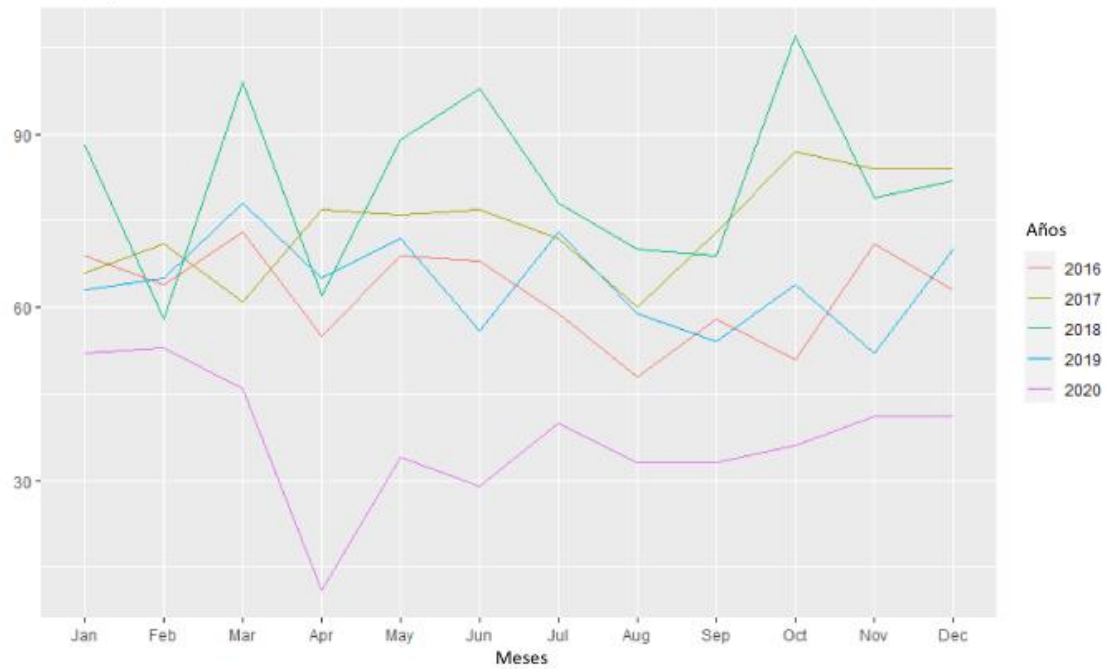
Siniestros observados para la serie temporal.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 3.

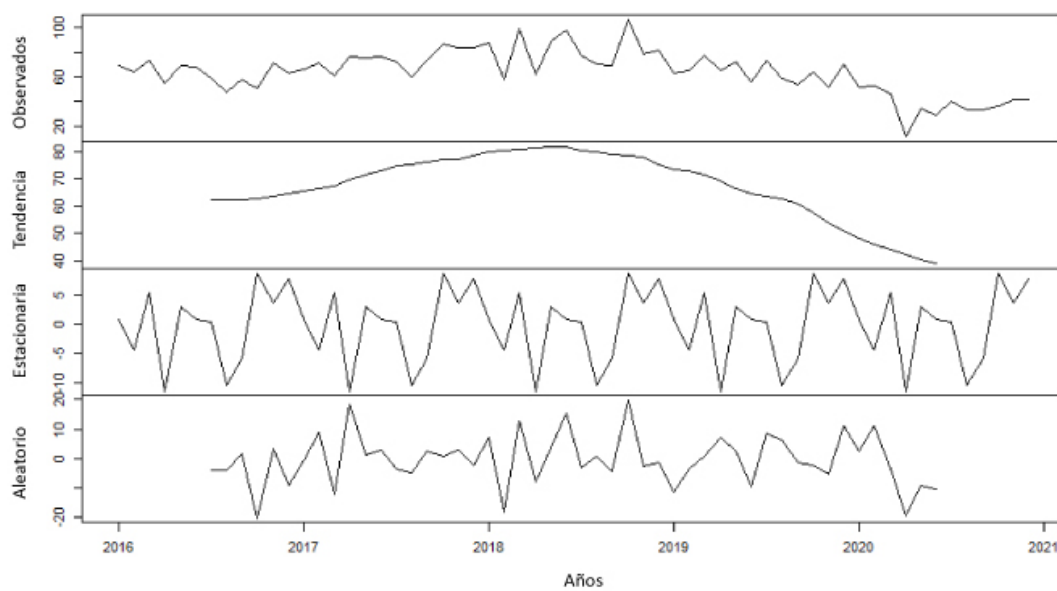
Comportamiento de la siniestralidad por años de estudio.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 4.

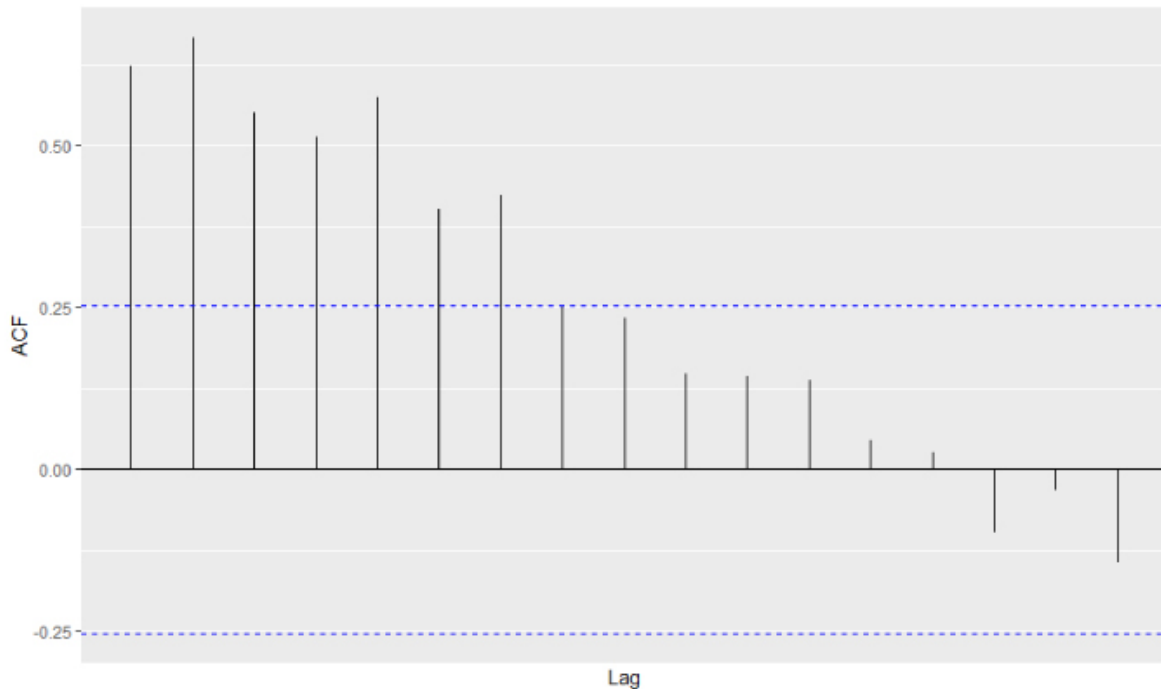
Descomposición de la serie de tiempo de siniestros.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 5.

Correlograma ACF de los siniestros observados.

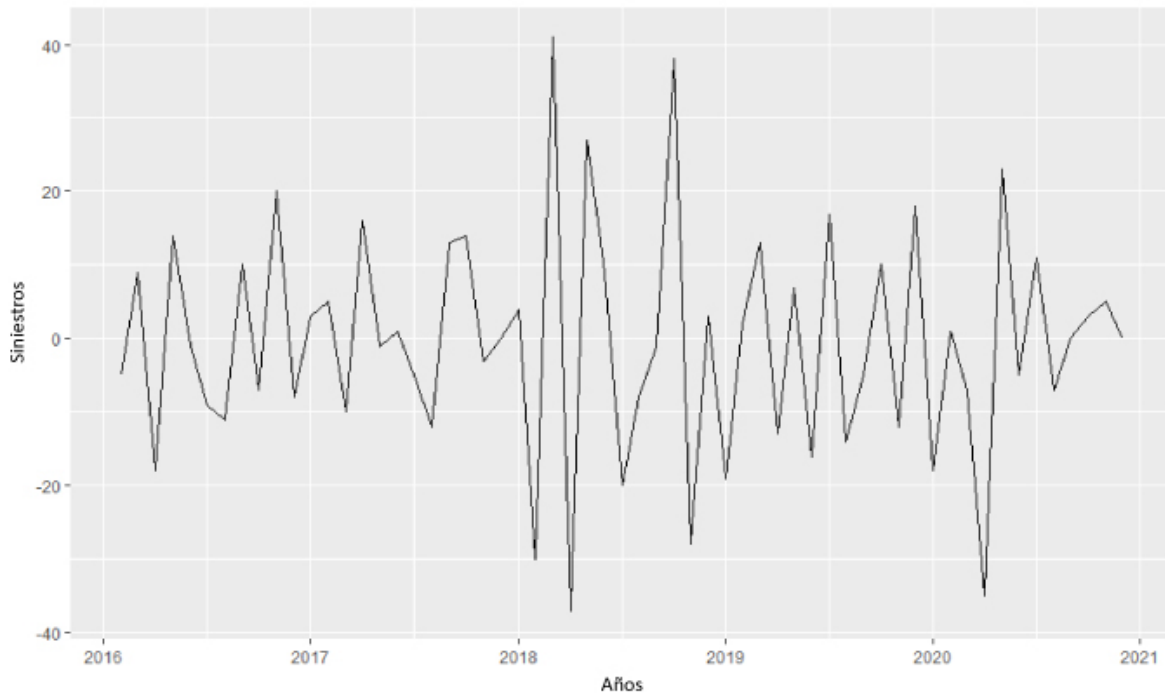


Nota. Elaborado por las autoras.

Debido a lo expuesto en el párrafo anterior, se aplica la primera diferencia con la intención de convertir la serie temporal en estacionaria. Como resultado se obtiene la gráfica **Figura 3. 6.** donde observamos que la serie se estabiliza en torno a un valor medio. Aplicamos la prueba de Dickey-Fuller para corroborar que la segunda hipótesis (H_1) de este criterio se cumpla, se obtiene un valor de p mayor a 0.05 (**Figura 3. 7.**), en consecuencia, rechazamos la hipótesis nula; la serie ya es estacionaria con la primera diferencia.

Figura 3. 6.

Primera diferencia siniestros observados por año.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 7.

Resultado de la prueba de Dickey-Fuller serie siniestros.

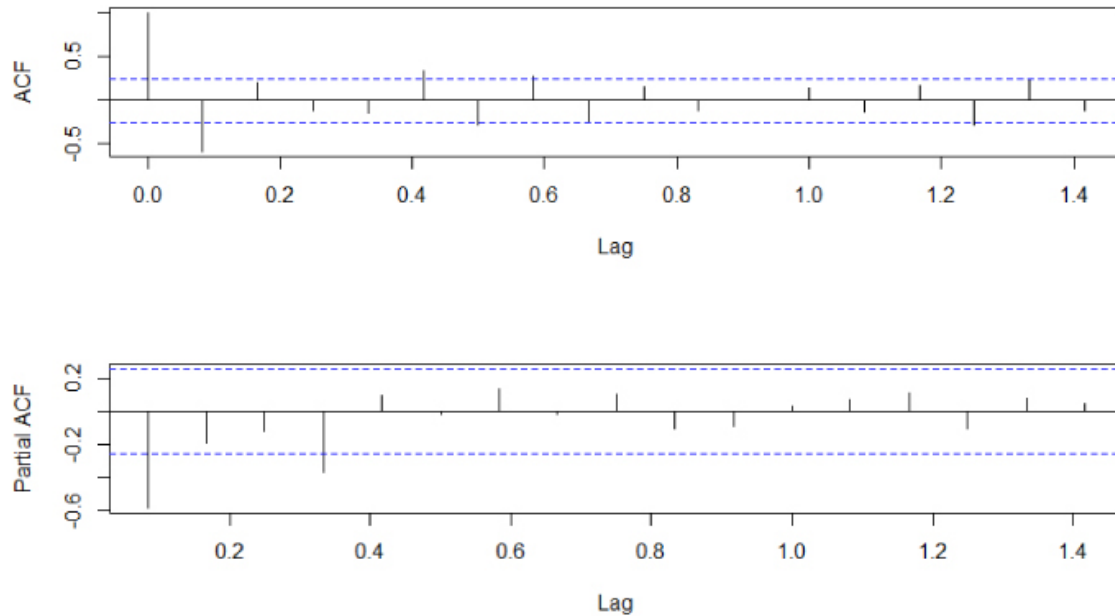
```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: seriedif
Dickey-Fuller = -6.8829, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Nota. Elaborado por las autoras.

Para definir los valores que tomarán las componentes Autorregresiva y Media Móvil, es indispensable graficar la auto correlación simple y parcial. Se deben identificar los tramos que sobrepasan los límites de confianza, excluyendo el valor de cero ya que este es uno por defecto. En la **Figura 3. 8.** notamos que existe un rezago significativo para ACF y otro para PACF, por lo que se sugieren modelos ARIMA (1,1,1), (0,1,1) y (1,1,0).

Figura 3. 8.

Correlogramas ACF y PACF de la primera diferencia.



Nota. Elaborado por las autoras.

A continuación, obtenemos el criterio de información de Akaike, comparamos dicho valor entre los tres modelos propuestos, eligiendo el menor de ellos. El AIC mínimo pertenece al ARIMA (0,1,1) tal como indica la **Figura 3. 9.** por lo que se asume como el modelo que mejor se ajusta a los datos. La función *auto.arima* nos permite efectuar el mismo procedimiento de manera sistemática.

La **Figura 3. 10.** presenta los residuos con sus correlogramas ACF y PACF, advertimos que en ambas gráficas existen residuos que sobrepasan los límites aceptables por lo que se debe reajustar el modelo tomando en cuenta un componente de estacionalidad.

Figura 3. 9.

Resultado del criterio de Información de Akaike.

```
arima(x = siniestros.ts, order = c(0, 1, 1))

Coefficients:
      ma1
    -0.6507
s.e.    0.0829
aicc = 468.91

arima(x = siniestros.ts, order = c(1, 1, 1))

Coefficients:
      ar1      ma1
    -0.2307   -0.5255
s.e.    0.1836    0.1617
aicc = 469.37

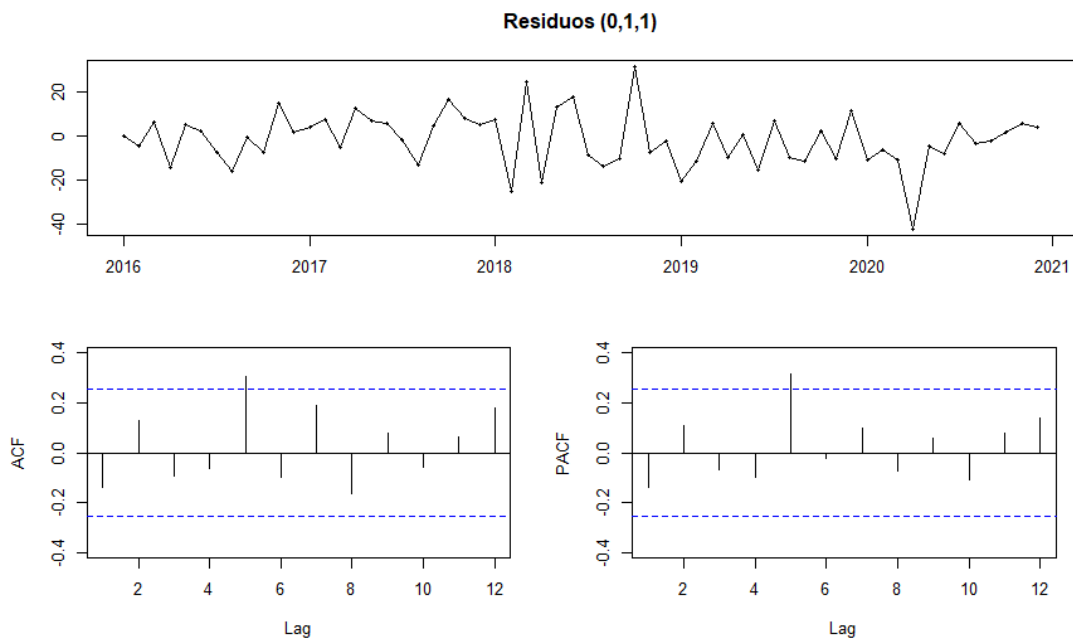
arima(x = siniestros.ts, order = c(1, 1, 0))

Coefficients:
      ar1
    -0.5700
s.e.    0.1046
aicc = 471.68
```

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 10.

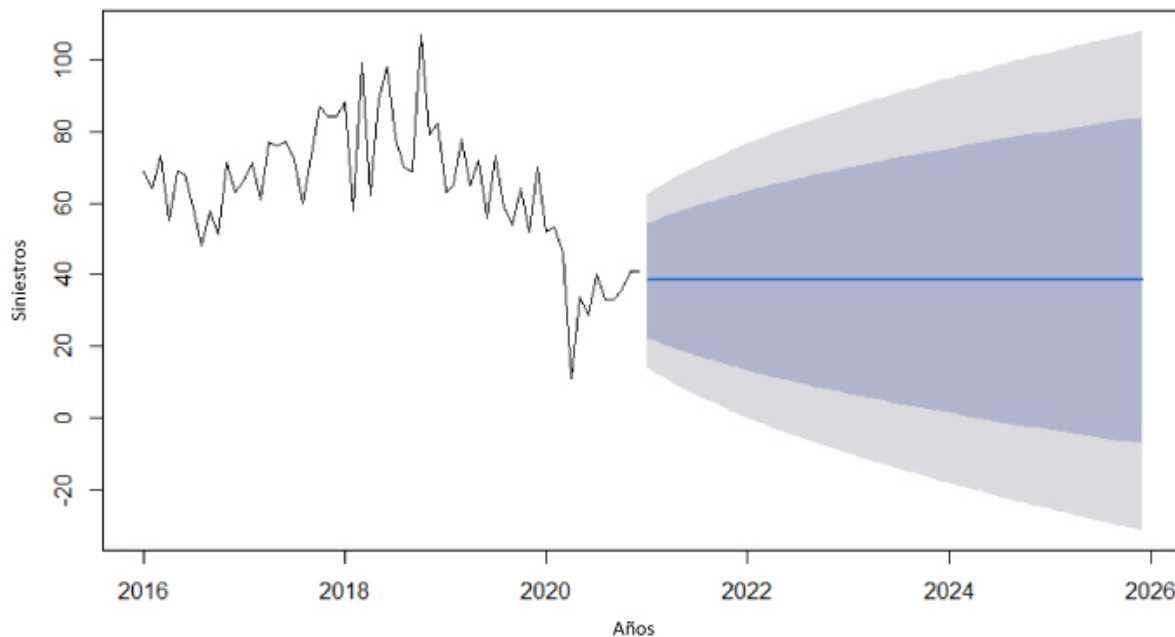
Correlogramas ACF y PACF de los residuos de la serie de tiempo.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 11.

Proyección del modelo ARIMA (0,1,1)



Nota. Elaborado por las autoras.

Plasmando las Proyecciones del modelo ARIMA (0,1,1), divisamos que el número de siniestros se mantienen constantes a lo largo del tiempo (**Figura 3. 11.**) con un valor de 38 eventos al mes. Se muestran también en la zona sombreada los intervalos del 80% y 95% de confianza, ambos tienden a incrementarse hasta el año 2026. Teniendo esto en consideración, empleamos un Modelo ARIMA Estacional o SARIMA, con miras hacia una predicción más apegada a la realidad.

Una vez estimado el modelo reajustado (función *auto.arima*), que en este caso es ARIMA (0,1,1)(1,0,0)[12] como se muestra en la **Figura 3. 12.** Acto seguido se valida el mismo graficando los correlogramas ACF y PACF de los residuos (**Figura 3. 13.**), en los que vemos que no existen rezagos significativos; para demostrar esta inferencia se recurre a la prueba de Box y Ljung.

Figura 3. 12.

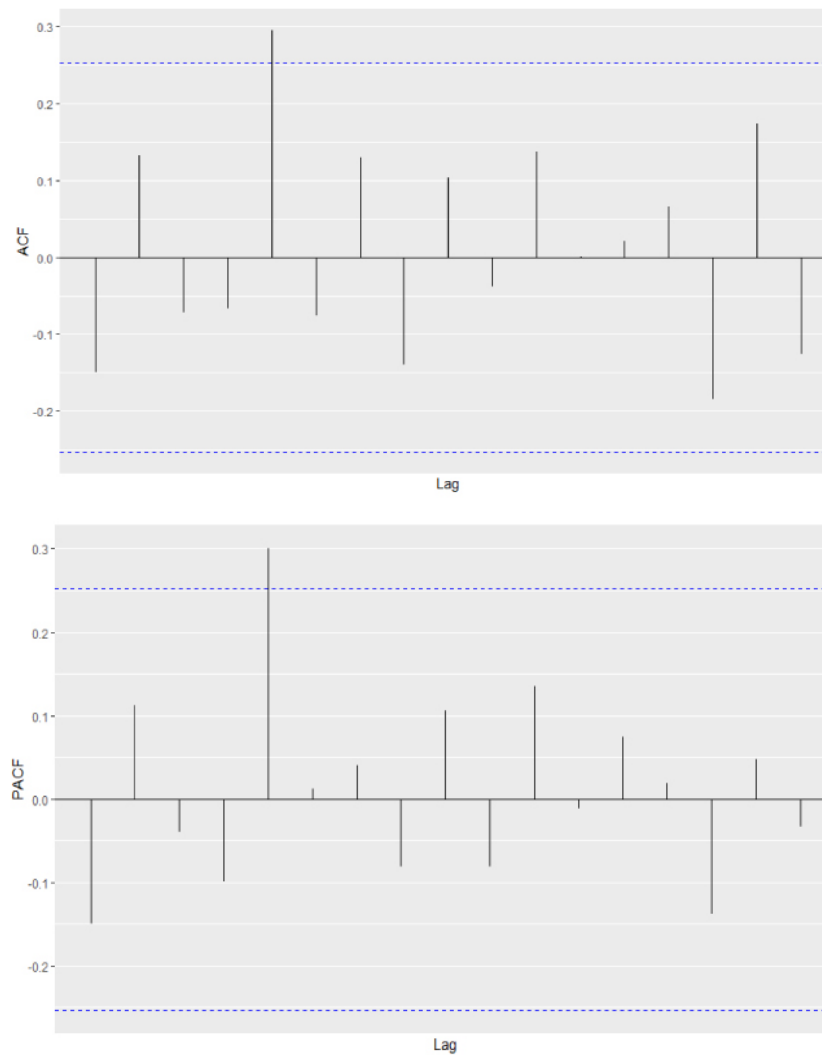
Coefficientes del Modelo SARIMA

```
ARIMA(0,1,1)(1,0,0)[12]
Coefficients:
      ma1      sar1
    -0.6620  0.2154
s.e.    0.0818  0.1377  AIC=468.55
```

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 13.

Correlograma ACF y PACF de los residuos.



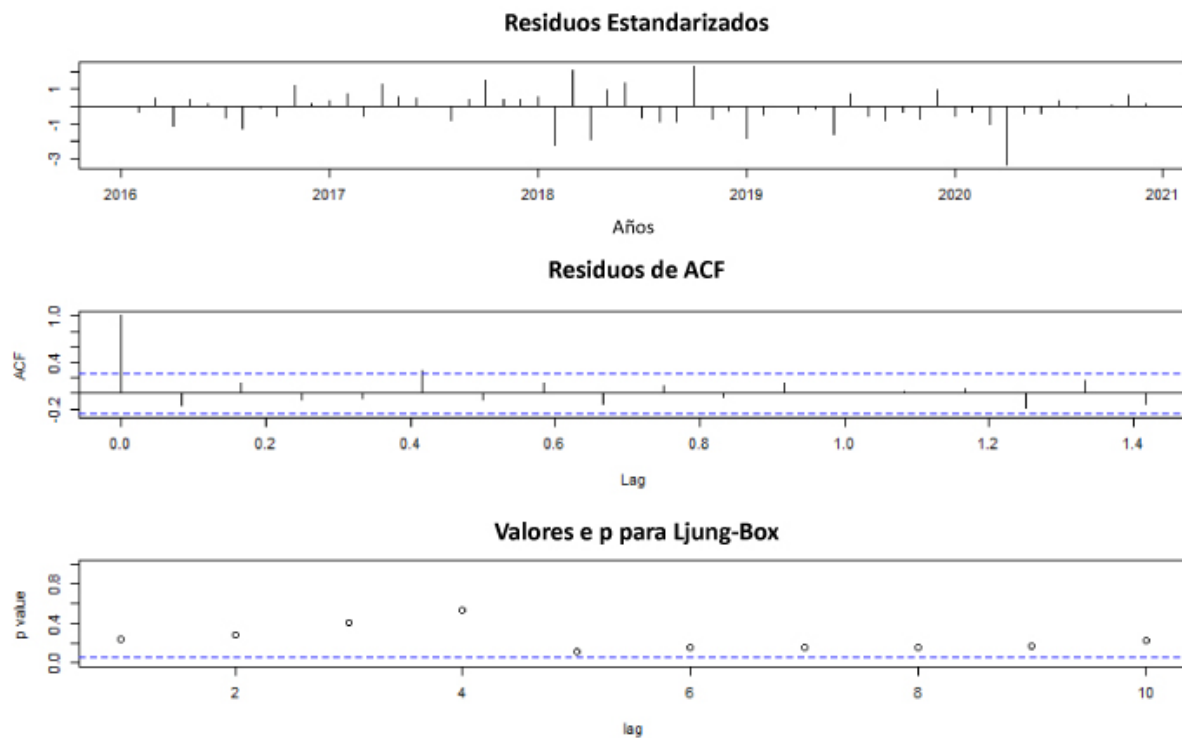
Nota. Elaborado por las autoras.

De la **Figura 3. 14.** resulta claro que los valores p están por encima de 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula de Box y Ljung, indicando que los datos se distribuyen de manera independiente.

El valor estadístico de p se comprueba en la **Figura 3. 15.**

Figura 3. 14.

Residuos estandarizados para la prueba de Box y Ljung.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 15.

Prueba de Box y Ljung.

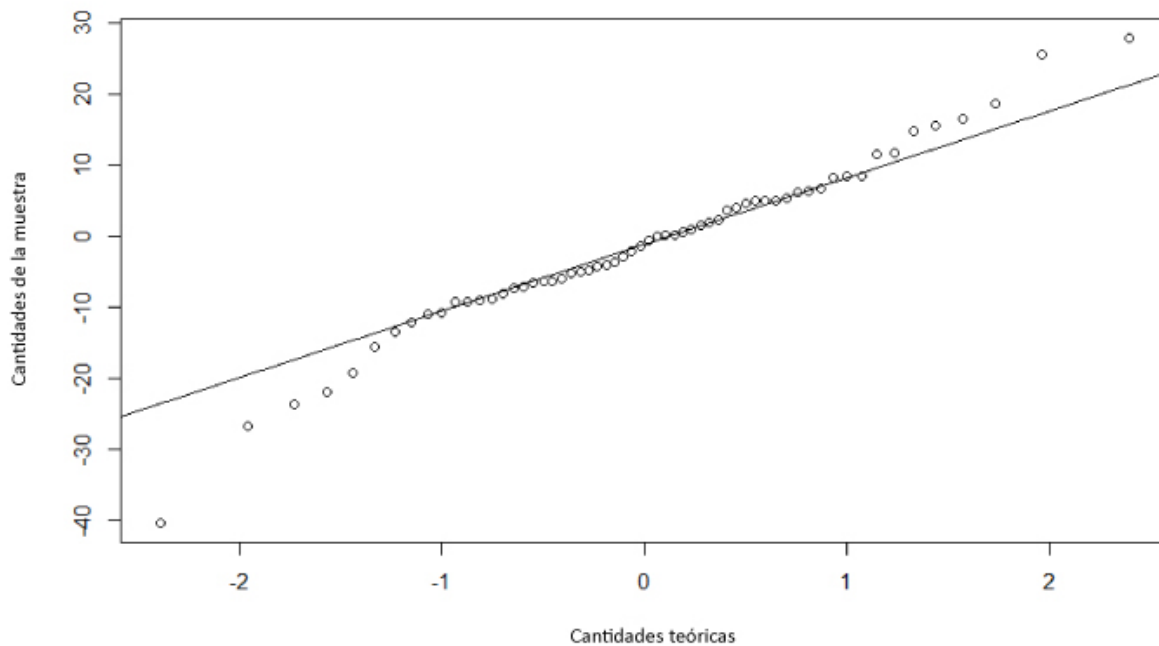
```
Box-Ljung test
data: residuals(mod_sarima)
x-squared = 1.4166, df = 1, p-value = 0.234
```

Nota. Elaborado por las autoras.

Otra prueba que se aplica para comprobar la normalidad de los residuos es la de Shapiro-Wilk, la cual se representa gráficamente en la **Figura 3. 16.** y señala que los datos siguen una distribución normal a pesar de que se disgregan en los extremos. El valor obtenido para p (**Figura 3. 17.**) es mayor a 0.05 por lo que aceptamos la hipótesis nula.

Figura 3. 16.

Distribución normal de los residuos para la prueba de Shapiro-Wilk.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 17.

Prueba de Shapiro – Wilk.

```
> normalidad <-shapiro.test(mod_sarima$residuals)
> normalidad$p.value
0.283802
```

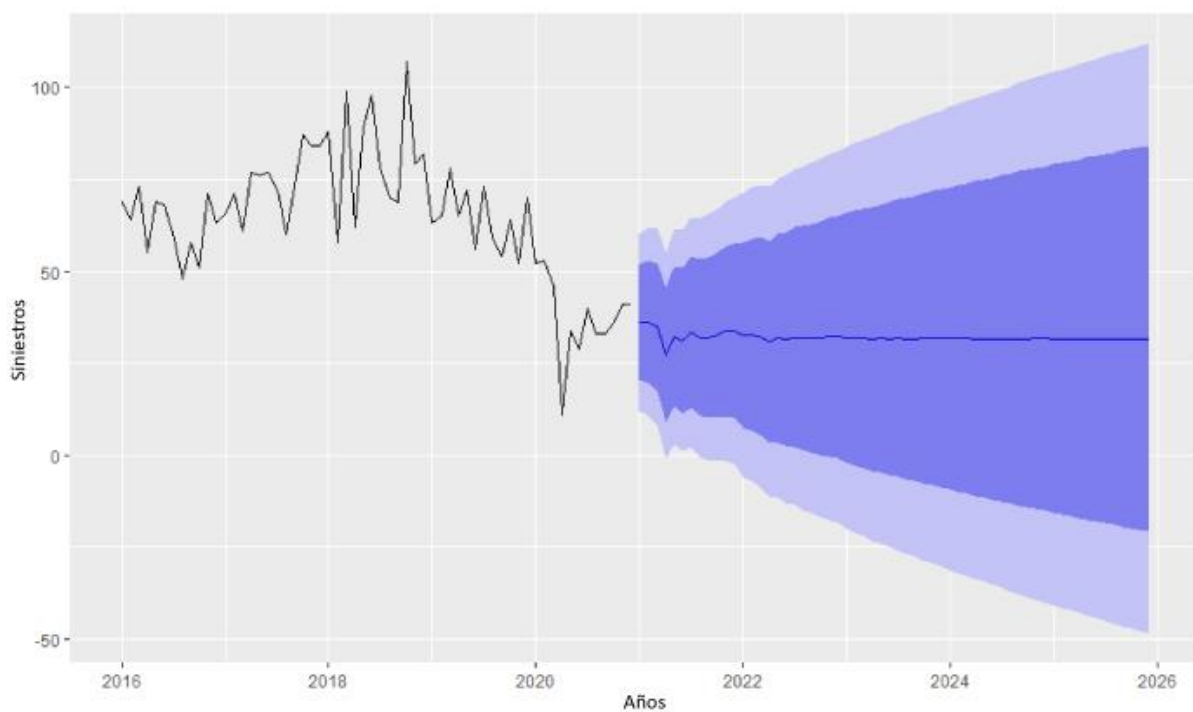
Nota. Elaborado por las autoras.

Los pronósticos de siniestralidad con ARIMA (0,1,1)(1,0,0)[12] para el cantón Cuenca se muestran en la **Figura 3. 18.** En los dos primeros años el número de siniestros oscila entre 27 y 36

por mes, mientras que para los años restantes el valor se mantiene constante en 32 siniestros mensuales. Las áreas sombreadas sugieren que la confiabilidad de la estimación se reduce a medida que el tiempo incrementa. Cabe considerar que los datos correspondientes al año 2020 son atípicos debido a la pandemia por COVID-19, lo que repercute directamente en la tendencia de la proyección. En este orden de ideas, que los siniestros disminuyan no necesariamente indican un mejor comportamiento de los usuarios de las vías, sin embargo, marcan un precedente para que las autoridades mejoren las políticas públicas en seguridad vial evitando así sobrepasar la cifra obtenida en este análisis.

Figura 3. 18.

Proyección para ARIMA (0,1,1)(1,0,0)[12]



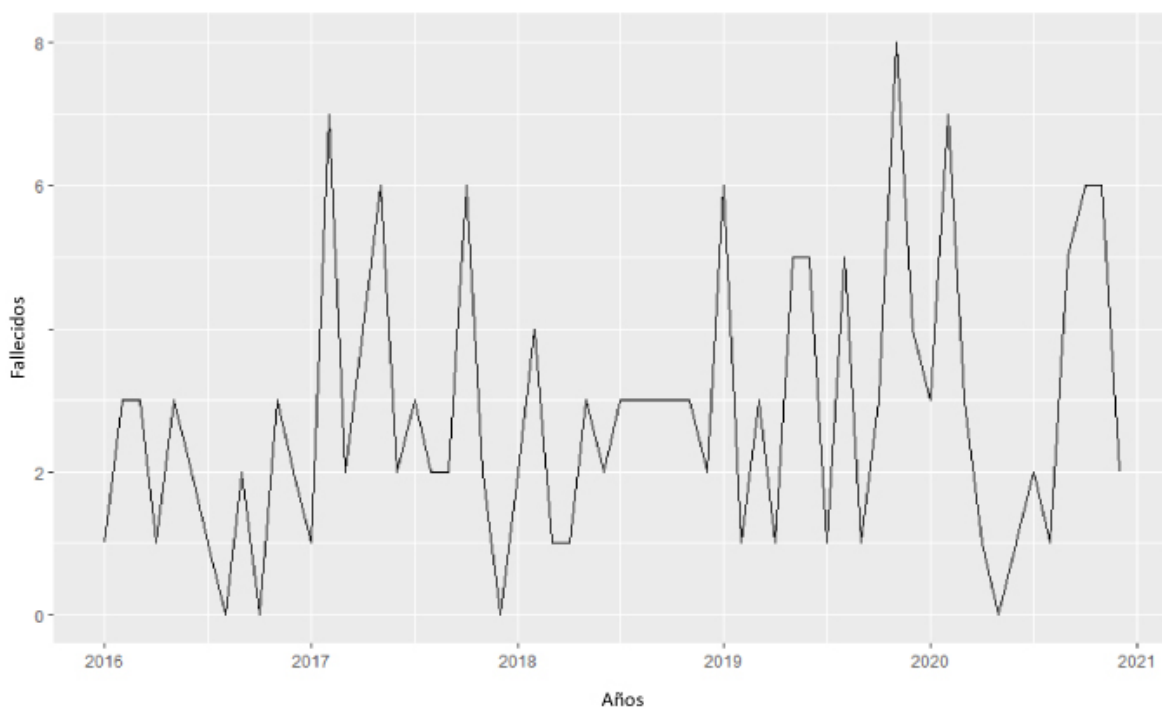
Nota. Elaborado por las autoras.

3.3. Proyección del número de fallecidos en accidentes de tránsito hasta el 2026

A diferencia de la serie temporal de siniestros de tránsito, la de fallecidos muestra poca variabilidad (Figura 3. 19.). La Figura 3. 20. indica detalladamente el comportamiento mensual de los registros de mortalidad, visto de esta forma encontramos valores similares o iguales para los años de estudio, es por ello que la serie no presenta una tendencia marcada desplegando distintos picos y valles a lo largo del tiempo (Figura 3. 21.).

Figura 3. 19.

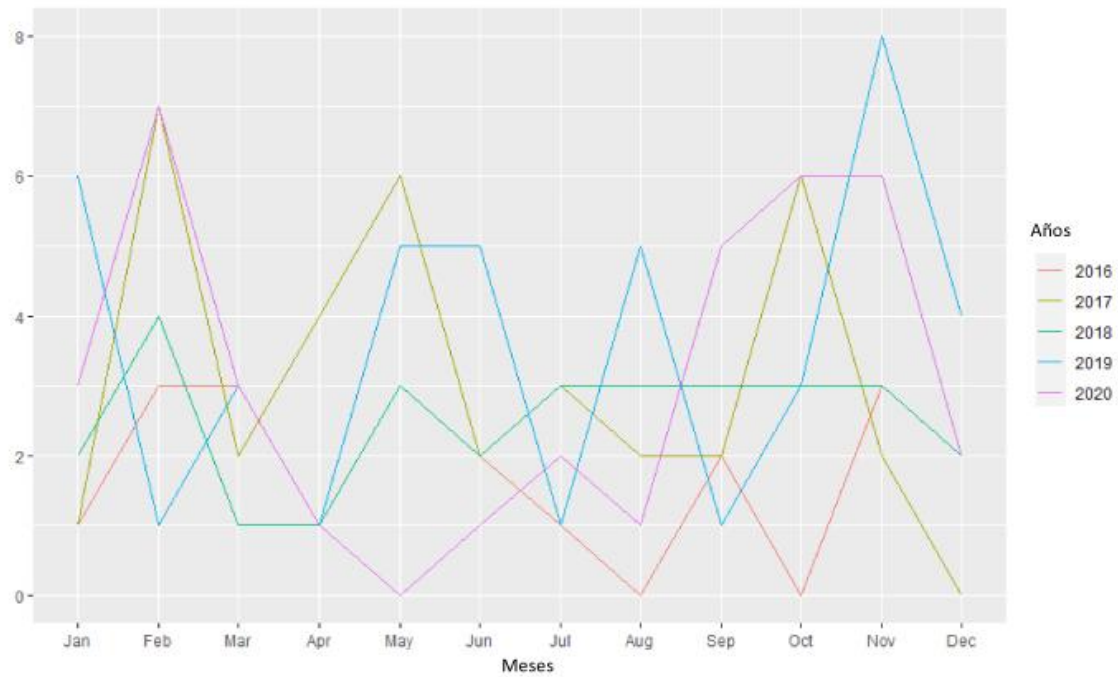
Fallecidos observados para la serie temporal.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 20.

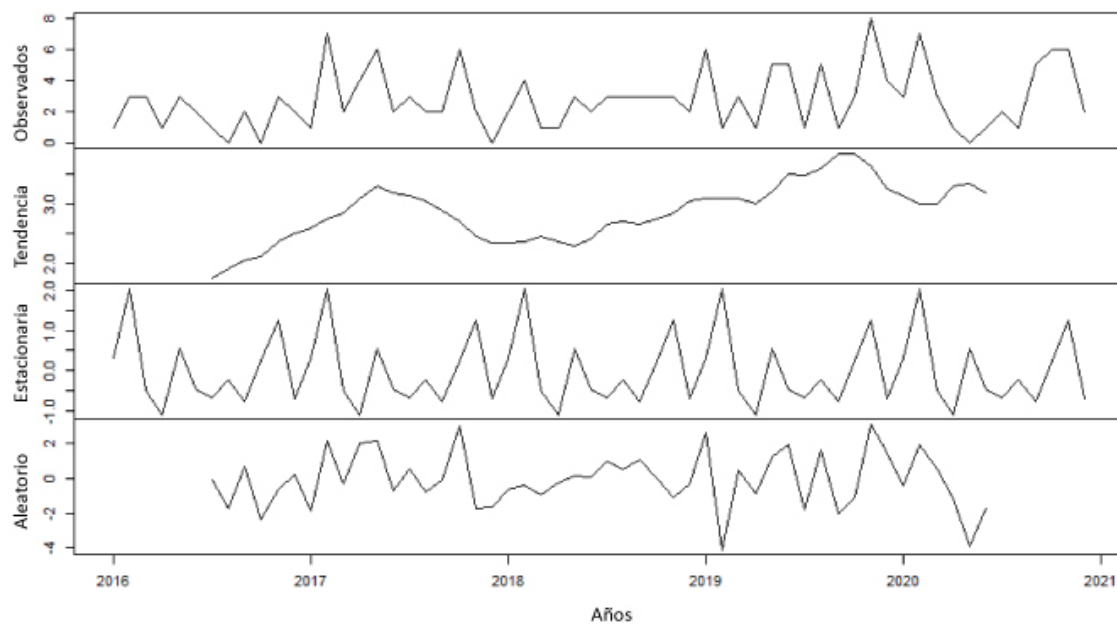
Comportamiento de fallecimientos por años de estudio.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 21.

Descomposición de la serie de tiempo de fallecidos.

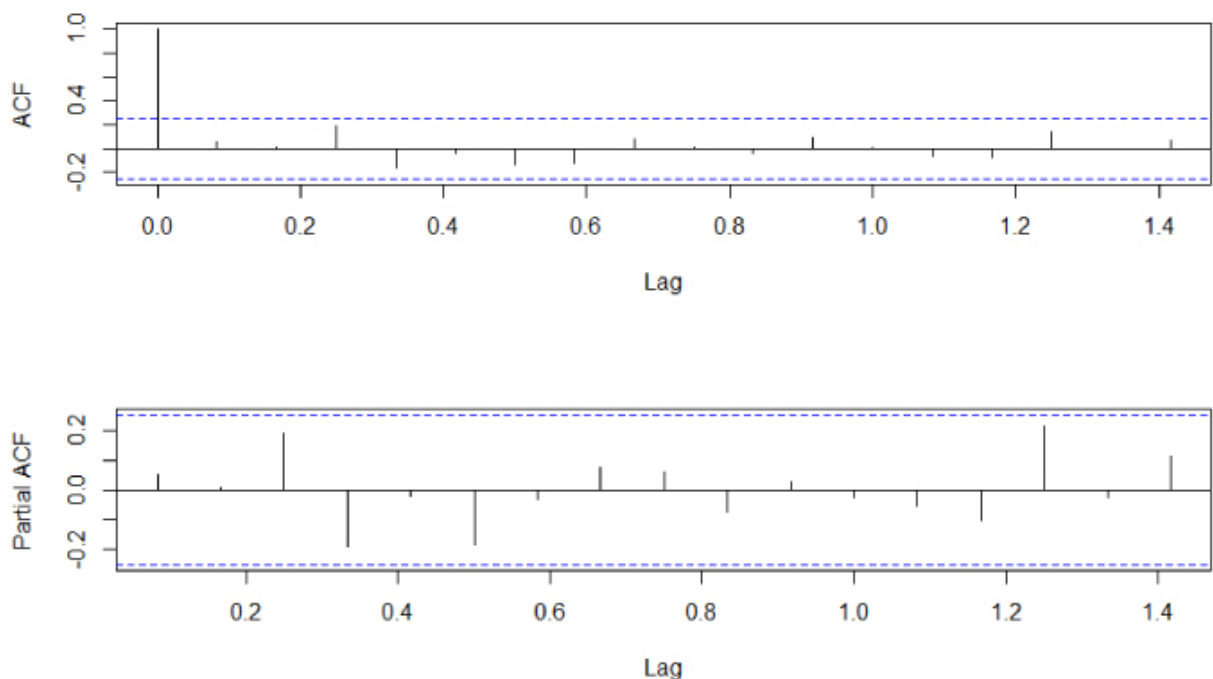


Nota. Elaborado por las autoras.

Después graficamos el correlograma ACF y PACF de los fallecidos observados. De la **Figura 3. 22.** aseguramos que la serie es estacionaria ya que ninguno de los datos se encuentra fuera de los límites establecidos, en otras palabras el Autorregresivo y la Media Móvil son cero. Aplicamos la prueba de Dickey Fuller para comprobar que la serie sea realmente estacionaria y rechazamos la hipótesis nula puesto que el valor de p es menor a 0,05 (**Figura 3. 23.**). Al tratarse de una serie estacionaria no se requiere convertirla, por lo que el componente Integrado también es cero.

Figura 3. 22.

Correlograma ACF de los fallecidos observados.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 23.

Resultado de la prueba de Dickey-Fuller serie fallecidos.

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: fallecidos.ts
Dickey-Fuller = -3.8471, Lag order = 3, p-value = 0.02239
alternative hypothesis: stationary
```

Nota. Elaborado por las autoras.

Por todo lo dicho en el párrafo anterior, el modelo que se ajusta a la serie temporal es el ARIMA (0,0,0), cuyos coeficientes se señalan en la **Figura 3. 24**. Con la finalidad de validar el modelo se representan los residuos con sus respectivos correlogramas (**Figura 3. 25**.) que prueban que no existe autocorrelación significativa entre ellos, por lo que se acepta el ajuste.

Figura 3. 24.

Coeficientes del Modelo ARIMA (0,0,0)

```
arima(x = fallecidos.ts, order = c(0, 0, 0))

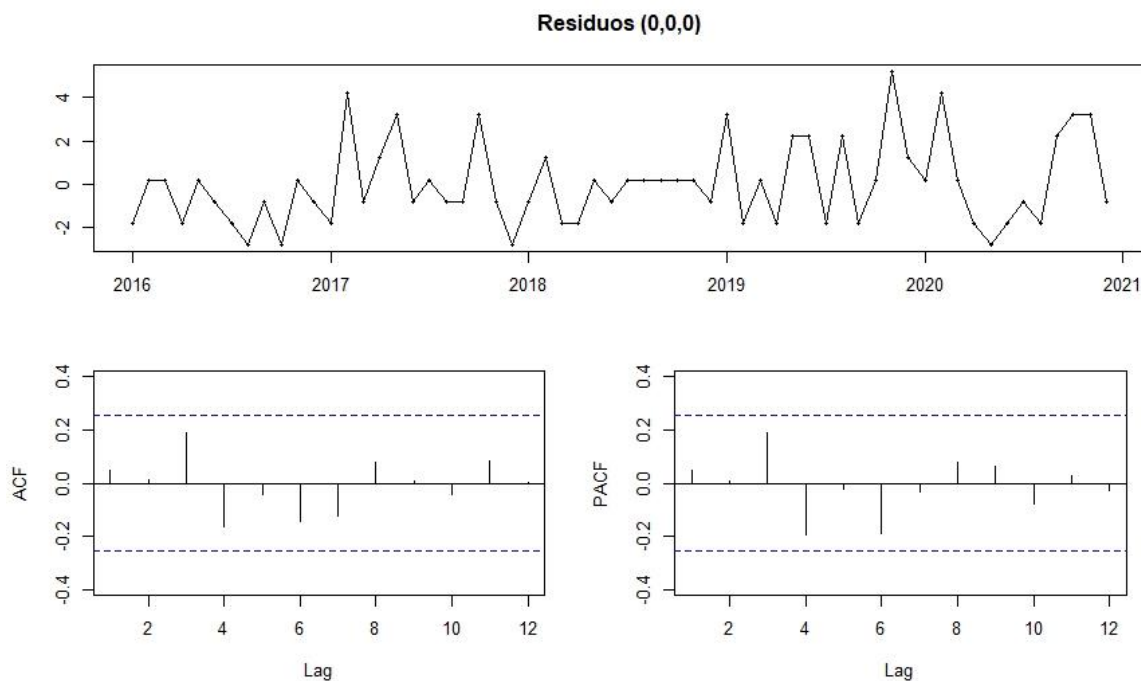
Coefficients:
    intercept
          2.800
    s.e.      0.247

aic = 252.12
```

Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 3. 25.

Correlogramas ACF y PACF de los residuos de la serie de tiempo.

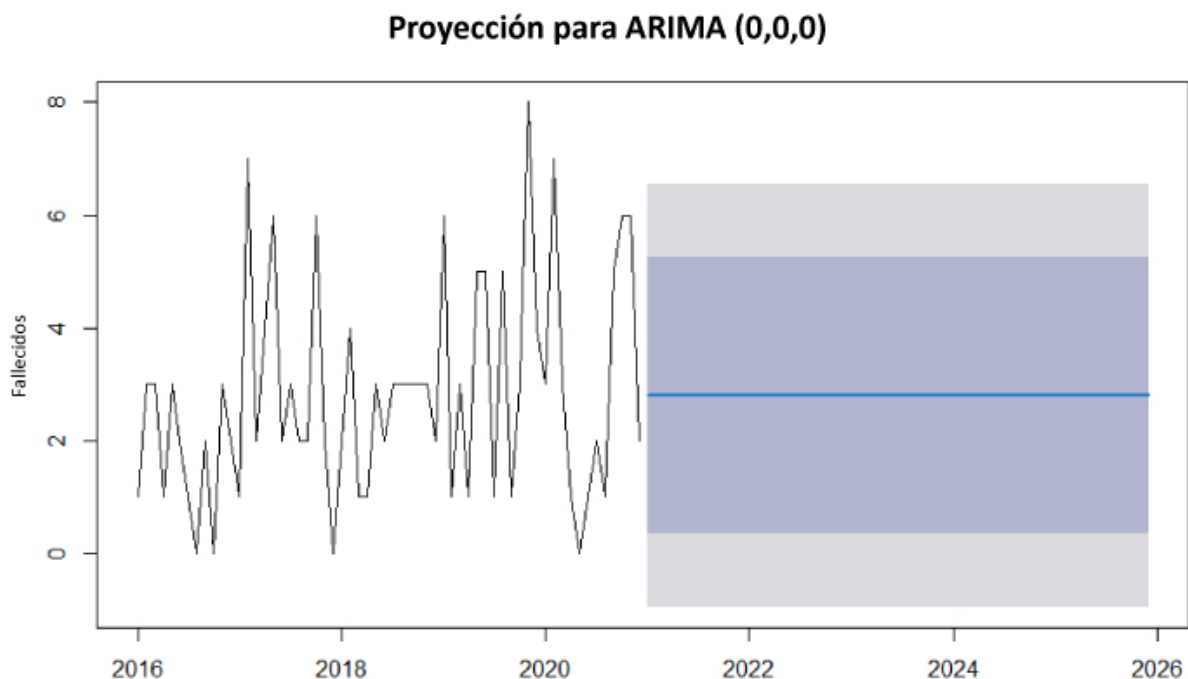


Nota. Elaborado por las autoras.

Como último recurso se procede a proyectar la serie de tiempo de fallecidos hasta el 2026. La **Figura 3. 26.** resume tales proyecciones con sus límites de confianza superior e inferior, mostrando una tendencia constante para los próximos cinco años, por lo que el valor se mantendrá en tres víctimas mortales por mes. Puesto que las observaciones reales mantienen cifras relativamente bajas la predicción no refleja el verdadero comportamiento de la serie. Lo ideal para el cantón Cuenca sería lograr que las víctimas mortales no vayan más allá de los valores proyectados y sus límites de confianza, fijando una meta ambiciosa basada en disminuir al mínimo la tasa de mortalidad.

Figura 3. 26.

Proyección del modelo ARIMA (0,0,0)



Nota. Elaborado por las autoras.

CAPÍTULO 4

PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA DISMINUIR EL INDICE DE ACCIDENTALIDAD

4.1. Identificación de medidas de prevención y buenas practicas aplicadas en otros países

En definitiva, además del dolor y sufrimiento que acarrearán los accidentes de tránsito, constituyen un problema de salud pública y desarrollo que conllevan a elevados costos sanitarios y económicos. Los países en conjunto sufren considerables pérdidas económicas por dichos eventos, ya que estos representan del 1 al 3% del PIB en la mayoría de los países, en donde gran parte de estos accidentes ocurren en países de ingresos bajos y medios y cuentan con más de la mitad de vehículos no matriculados en todo el mundo.

Los accidentes de tránsito son una realidad cotidiana, pero también son previsibles y evitables, es por ello que a nivel mundial algunos países han tomado conciencia del daño que conlleva un alto índice de siniestralidad y han decidido implementar medidas, campañas y planes estratégicos cuyo objetivo es disminuir los accidentes de tránsito y las víctimas que esto trae consigo.

Una de las medidas implementadas a nivel mundial por parte de las Naciones Unidas en marzo de 2011 fue proclamar el periodo 2011 – 2020 como el “Decenio de Acción para la Seguridad Vial” con el objetivo de estabilizar y, posteriormente reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo, aumentando las actividades en los planos nacional, regional y mundial. Este constituyó un plan aplicado para todos los Estados Miembros, en donde a los países de ingresos bajos y medianos se les proporcionó asistencia para acelerar la adopción de programas de seguridad vial eficaces y rentables, en tanto que los países de ingresos altos

aprovecharon para mejorar sus resultados en materia de seguridad vial, así como para compartir sus experiencias y conocimientos con los demás. Los objetivos estuvieron basados principalmente en los ámbitos de la gestión de la seguridad vial, la infraestructura viaria, la seguridad de los vehículos, el comportamiento de los usuarios de las vías de tránsito, la educación para la seguridad vial y la atención después de los accidentes.

Así también se han aplicado medidas específicas en algunos países, tal como se indica más adelante.

4.1.1. Medidas de prevención de accidentes de tránsito aplicadas en España

El organismo encargado de la política vial y control de tránsito en España es la Dirección General de Tráfico (DGT), a través de la cual el Ministerio del Interior regula todas las competencias de tránsito. Entre dichas competencias están las de gestionar y planificar campañas de prevención de accidentes a través de la elaboración y ejecución de planes de estudio e investigaciones con el fin de encontrar las causas más frecuentes de siniestros y tomar las decisiones más adecuadas de prevención y control.

Siguiendo las recomendaciones de Unión Europea en cuanto a objetivos de reducción de víctimas se refiere, la DGT implementó “La Estrategia de Seguridad Vial para el periodo 2011 – 2020” en marzo del 2011, con el objetivo de reducir a la mitad el número de fallecidos en accidentes de tráfico, y a la vez como instrumento para la promoción y difusión de la seguridad vial y coordinación de los distintos agentes públicos y privados. Las prioridades de la estrategia se basaron principalmente en seis pilares:

Proteger a los usuarios más vulnerables: dentro de los cuales están niños, jóvenes, adultos mayores, peatones y ciclistas. Para ello se plantearon medidas indispensables como proporcionar

espacios seguros de movilidad para que puedan circular por las vías sin correr riesgos de ningún tipo, promover el desplazamiento a pie como forma de movilidad económica y saludable, y al mismo tiempo el uso de la bicicleta como modo de transporte eficiente. Además de mejorar la utilización del cinturón de seguridad y para el caso de los niños los sistemas de retención infantil. Para alcanzar los objetivos antes mencionados se realizaron campañas de información y concienciación sobre educación vial, disciplina en los semáforos, riesgos relacionados con la conducción en el ocio nocturno, conductor alternativo y bebedor pasivo, ventajas de los desplazamientos a pie, promoción del uso de casco, luces y elementos reflectantes (“Campana Hazte Ver”), entre otras.

Potenciar una movilidad segura en la zona urbana: como objetivo principal estaba proporcionar espacios público - urbano y entornos seguros, además de potenciar la disciplina en el ámbito urbano. Al igual que el punto anterior se realizaron campañas de concientización social acerca del uso correcto de los sistemas de seguridad como es el cinturón, casco, sistemas de retención infantil, entre otros; y del conocimiento de los riesgos que trae consigo un accidente de tránsito y la importancia de tener una buena formación en materia de seguridad vial. Se elaboraron también recomendaciones técnicas sobre el diseño seguro urbano para los colectivos vulnerables, principalmente en accesos a las ciudades y carreteras locales, además de la implementación y construcción de carriles bici segregados, todo esto para mejorar la movilidad integrada dentro de zonas urbanas.

Mejorar la seguridad de los motociclistas: este punto estuvo basado en varios objetivos como conseguir comportamientos más seguros por parte de los motoristas, incrementar la seguridad de las carreteras y mejorar el conocimiento sobre la accidentalidad de este grupo. Por lo consiguiente se realizaron campañas de información, vigilancia y control sobre el cumplimiento de las normas

para motoristas, además se instalaron barreras de seguridad en las carreteras y se fomentó el uso de equipamiento de seguridad y cursos de conducción segura para motoristas.

Mejorar la seguridad en las carreteras convencionales: se enfocó principalmente a mejorar la seguridad de las carreteras a través de su diseño y conseguir comportamientos más seguros en las mismas. Para lo cual se efectuaron varias actividades como señalizar de manera correcta las carreteras, promover la construcción de zonas de paradas para vehículos, y el desarrollo de criterios técnicos y la ejecución de tramos piloto en carreteras convencionales para evitar el riesgo de colisión frontal. Otro punto importante que se llevó a cabo para esta mejora fue extender la aplicación de los criterios de los manuales técnicos sobre sistemas de contención de vehículos al conjunto de carreteras españolas para disminuir la gravedad de accidentes por salida de la vía, especialmente en carreteras convencionales.

Mejorar la seguridad en los desplazamientos relacionados con el trabajo: se enfocaron en dos grupos objetivos claves que fueron las empresas y el transporte profesional. Su finalidad era lograr una intervención activa de las empresas en los accidentes in itinere y mejorar la capacitación y habilidad de los conductores profesionales, además de conseguir comportamientos más seguros de los mismos. Para alcanzar estos objetivos se plantearon algunas medidas a seguir como la incorporación de prevención de accidentes de tráfico en los programas de formación sobre prevención de riesgos laborales para trabajadores y empresarios, y la realización de encuentros periódicos para el intercambio de buenas prácticas para la seguridad vial en las empresas y de cursos prácticos de conducción para los trabajadores. Por otro lado, para el segundo grupo objetivo se promovió la construcción de aparcamientos para vehículos pesados que permitan una mejor gestión del tráfico y la señalización reflectante en los mismos para mejorar su visibilidad, se propuso también la inclusión del título “Técnico en conducción de vehículos de transporte por

carretera” de modo que únicamente sean personas altamente capacitadas y calificadas las que tengas acceso a este tipo de transporte.

Mejorar los comportamientos en relación a alcohol y velocidad en la conducción: el excesivo consumo de alcohol es una de las principales causas de accidentes de tránsito que afecta a la población española principalmente a los jóvenes, es por esto que se plantearon objetivos para su disminución basados en el desarrollo de acciones preventivas para tratar el consumo de alcohol y drogas en la conducción, para ello se consolidó la figura del conductor alternativo y la del bebedor pasivo y se desarrollaron pruebas normativas por saliva para el control de drogas, además se mejoró la capacitación de los policías españoles de modo que estén mejor preparados para este tipo de controles, además de la implantación de un programa de rehabilitación para los conductores reincidentes en sanciones penales por sustancias tóxicas. Con respecto a la velocidad, se propuso promover un diseño seguro en las vías para reducir las situaciones de riesgo por exceso de velocidad, para ello se promovió la instalación de los limitadores de velocidad en los vehículos, la revisión continua del Plan de Radares Fijos y Móviles y el control progresivo de velocidad por tramos con criterios de seguridad vial.

La Dirección General de Tráfico en España, con el fin de asegurar que sea general el conocimiento y la evidencia científica necesaria para el logro de la estrategia antes expuesta, elaboró un Plan de Investigación de Revisión Anual y un Programa de Promoción de la Investigación y la Innovación en Materia de Seguridad Vial y Movilidad, en el cual la DGT estructuró un amplio plan de investigación para evaluar las causas que provocan accidentes de tránsito, y en base a los resultados, tomar los correctivos pertinentes. Dado que el periodo para el cual se propuso implementar la estrategia culminó, se sabe que los resultados no alcanzaron el objetivo de disminuir en un 50% la cifra de víctimas mortales, sin embargo disminuyeron significativamente

el número de niños fallecidos sin Sistema de Retención Infantil, conductores de 18 a 24 años fallecidos y heridos graves en fin de semana por consumo de alcohol, fallecidos en salidas de vía en carreteras convencionales y la tasa de ciclistas correspondientes a víctimas mortales por millón de habitantes (Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020, 2011).

4.1.2. Medidas de prevención de accidentes de tránsito aplicadas en Chile

Anualmente en Chile se registran más de 86000 accidentes de tránsito, como consecuencia de estos fallecen aproximadamente 1600 personas, lo que significa que diariamente mueren entre 4 y 5 personas en las vías públicas. Las entidades encargadas de regular la seguridad vial en este país es la Comisión Nacional de Seguridad de Transito (CONASET) con el objetivo central de prevenir siniestros de tránsito y sus consecuencias, coordinando las labores en materia de seguridad vial. Por lo mencionado anteriormente CONASET con el apoyo del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y la colaboración de instituciones públicas miembros, elaboraron la Estrategia Nacional de Seguridad de Tránsito para el periodo con el fin de establecer lineamientos concretos de medidas y posibles planes de acción que se ajusten con la nueva “Visión Cero” la cual está basada en ser un país sin fallecidos ni lesionados graves a causa de un siniestro de tránsito, visión que se quiere lograr a largo plazo.

La metodología empleada en esta estrategia fue participativa, es decir que la ciudadanía tuvo parte en ella, dividiéndose en dos etapas. La primera consistió en reuniones de distintos grupos de trabajo, divididos por ejes estratégicos, conformados por profesionales y técnicos del ámbito público y privado relacionados a la seguridad vial, teniendo como resultado diferentes propuestas de medidas de acción de acuerdo a las siguientes variables temporales: plazo inmediato (0 – 12 meses), corto plazo (1 – 3 años), mediano plazo (4 – 6 años) y largo plazo (7 – 10 años).

La segunda etapa de trabajo se realizó a través de un taller participativo, en el cual todos los asistentes de las reuniones previas contaron con la oportunidad de conocer las iniciativas para formar un trabajo consistente tomando en consideración todas las propuestas que forman parte de la Estrategia.

El objetivo general de esta primera Estrategia Nacional de Seguridad de Tránsito del país, para el decenio 2021-2030 es reducir en 30% los fallecidos en accidentes de tránsito para el año 2030. Este porcentaje de reducción de fallecidos será medido en relación a las cifras de fallecidos en el tránsito registradas en Chile durante la Década de Acción para la Seguridad Vial, es decir, corresponderá al número de víctimas fatales promedio desde el año 2011 al 2020, considerando que el promedio anual de fallecidos en el tránsito en Chile entre los años 2011-2019 fue de 1586 y la meta para el año 2030 será de 1110 víctimas mortales.

La presente estrategia se basa en cinco ejes principales los cuales se detallan a continuación, con sus respectivas propuestas, medidas de acción y plazos de realización.

- 1. Gestión de la Seguridad de Tránsito:** Seguridad de tránsito gestionada de manera coordinada, con institucionalidad y recursos necesarios, considerando la participación de todos los actores relevantes, para lograr las metas y objetivos propuestos. Dichos objetivos se basan en la asignación de recursos económicos a través del Presupuesto de la Nación para cada municipio considerando las realidades y necesidades de cada territorio y generar convenios de colaboración de recursos nacionales e internacionales con otras instituciones en temas de seguridad vial, además de un comité público – privado. La implementación de planes, programas y proyectos, estableciendo evaluaciones periódicas que fortalezcan la

gestión de la seguridad de tránsito de manera medible y cuantificable para la mejora continua facilitando la toma de decisiones

2. **Vías y Movilidad más Seguras:** Vías y espacios de acceso público que permitan una movilidad segura para todos los usuarios, con especial atención en los vulnerables. En donde se prestará mayor control al emplazamiento de las señales de tránsito y letreros, se incorporarán auditorías de seguridad de tránsito en todas las etapas de un proyecto vial para una interacción segura de los distintos usuarios en vías o áreas donde convive el tránsito peatonal con el vehicular.
3. **Vehículos más Seguros:** Vehículos motorizados y no motorizados que cuenten con los mejores estándares de seguridad y generar condiciones para que éstos se mantengan en el tiempo y permitan la protección de los usuarios, dentro y fuera de los vehículos. En este punto se propone aumentar los niveles de seguridad en el equipamiento de los vehículos para reducir las posibilidades de ocurrencia de un siniestro de tránsito, a través de la implementación de tecnologías existentes para monitorear aspectos de seguridad. Es importante también garantizar instancias para que los vehículos no pierdan sus estándares originales de seguridad, mejorando continuamente el proceso de revisión técnica vehicular, y se propone también crear un registro nacional voluntario de talleres mediante incentivos para que se ofrezca un servicio de calidad en los talleres mecánicos.
4. **Usuarios de las Vías más Seguros:** Usuarios de las vías con educación, información, motivación y compromiso activo para desarrollar una cultura de movilidad que les permita comportarse de manera segura en el tránsito. Para este eje estratégico se propone mejorar la comunicación y difusión efectiva por distintos medios para educar e informar a las personas acerca de las conductas seguras al utilizar las vías y de las condiciones que las

hacen vulnerables. Además, se pretende apoyar la creación de escuelas de conducción de bicicletas y otros modos no motorizados y educación vial, e incorporar módulos de seguridad vial en textos escolares, para de esta manera desarrollar competencias en las personas, en sus distintos roles viales, que les permita tomar decisiones responsables como usuarios de las vías.

- 5. Respuesta tras los Siniestros de Tránsito:** Sistema de respuesta oportuno, coordinado y de cobertura nacional, que garantice la atención eficaz desde ocurrido el siniestro, la rehabilitación integral de los afectados y la reparación psicológica, económica y legal de los mismos. Se debe contar con un sistema de respuesta ante siniestros de tránsito enfocado en salvar vidas, para lo cual es necesario evaluar y actualizar el protocolo de acción frente a un llamado de emergencia y mejorar la toma de información de los actores implicados en un siniestro a través de un formulario único digitalizado de accidentes de tránsito. Otra medida de acción a largo plazo es la de fomentar la creación de convenios de colaboración entre centros de salud y entes especializados en rehabilitación.

A medida que la Estrategia y sus medidas de acción se vayan implementando en los plazos establecidos, éstas serán monitoreadas y evaluadas para poder tomar decisiones y realizar los ajustes y cambios necesarios. Se presentarán resultados y avances de forma anual, en donde se reportará el estado de la seguridad vial del país y los avances de la presente Estrategia (Estrategia Nacional de Seguridad de Tránsito, 2020).

4.1.3. Medidas de prevención de accidentes de tránsito aplicadas en Colombia

En el año 2013 en Colombia, el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF) reportó 6219 casos de muertos y 39440 lesionados en siniestros de tránsito, de los cuales la mayoría son usuarios vulnerables en condición de peatones y conductores o

acompañantes de motocicletas, aproximadamente el 80% de las víctimas tienen entre 20 y 39 años. El Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014 – 2020 nace a causa de estas elevadas cifras y de los devastadores impactos sociales y económicos que conllevan los siniestros viales. Dicho plan busca disminuir los índices de siniestralidad a través del establecimiento y ejecución de buenas políticas públicas.

El PMSM se creó a partir de un trabajo en conjunto entre la Alcaldía de Medellín, Ministerio de Transporte, Juntas de Acción Comunal, clubes de motocicletas, colectivos de ciclistas, universidades, entre otros. Para definir las líneas de acción, responsabilidades, metas e inversión necesaria, el plan se fundamentó en cinco áreas de intervención.

- 1. Fortalecimiento de la gestión y coordinación interinstitucional:** Para desarrollar este punto, se creó la Vicealcaldía de Hábitat, Movilidad, Infraestructura y Sostenibilidad con el objetivo de facilitar la articulación de esfuerzos entre las secretarías y entidades reguladoras. En 2011 se crea el Comité de Seguridad Vial de Medellín, que genera planes integrales a corto, mediano y largo plazo a partir de los lugares que presentan mayor siniestralidad, este Comité está conformado por un equipo multidisciplinario que se encarga de realizar estudios de hechos viales y de presentar propuestas de intervención al Comité Directivo de la Alcaldía de Medellín. En el mismo año se crea El Comité de Accesibilidad con la intención de diseñar y desarrollar programas que garanticen la accesibilidad de infraestructura, comunicación y servicios a todas las personas. Así mismo, se examina el diseño técnico, la implementación y el funcionamiento del Observatorio de Seguridad Vial de Medellín para obtener datos fiables y realizar análisis precisos de eventos de tránsito.

2. **Comportamientos, hábitos y conductas seguras de los usuarios de las vías:** Para garantizar la disminución de fallecidos por accidentes de tránsito y la severidad de los mismos, la Alcaldía de Medellín implementó estrategias y acciones informativas, educativas y comunicativas enfocadas a que los ciudadanos asuman su responsabilidad en la movilidad segura. Se tomaron tres sectores de intervención: Sector Educativo, Sector Productivo y Sector Comunidad, en los que participaron 205805 personas.
3. **Control y supervisión sobre los vehículos y equipos de seguridad para los usuarios de las vías:** El sistema de transporte de Medellín se encuentra formado por el Metro, el Metroplús, el Metrocable, las rutas alimentadoras y el Tranvía de Ayacucho, este sistema permite la integración tarifaria, operacional y física de estos modos. El Proyecto Transporte Público de Medellín pretende mejorar los índices de servicio en condiciones de comodidad, accesibilidad, mayor seguridad, optimización de la malla vial. De manera análoga, proveer de mecanismos de apoyo a la operación de flotas mediante sistemas de gestión de flotas, control de velocidades, frecuencias, cupos, paradas y horarios. Todo esto con el objetivo de contar con un transporte público unificado, con tecnologías limpias, carril exclusivo, estaciones de transferencia, información al usuario sobre el recorrido, frecuencias, horarios, reducción de contaminación y accidentalidad.
4. **Planeación, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial segura para los usuarios de las vías:** Medellín, en su Plan de Desarrollo 2012 – 2015 destinó \$2.206.278 para programas vinculados a la seguridad vial, cultura ciudadana para una mejor movilidad, construcción y mantenimiento de infraestructura pública. Cada una de las obras ejecutadas se ajusta a los requerimientos técnicos y normativos de la Secretaría de Movilidad. La ciudad contempla un cambio hacia una movilidad sostenible priorizando el modo de

transporte no motorizado y el transporte público, con infraestructuras como zonas peatonales, ciclorrutas, ciclovías, parquímetros, estacionamientos regulados y zonas blancas.

- 5. Atención oportuna y profesional de los lesionados durante y después de los hechos de tránsito:** El Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014 – 2020 propone trabajar en el fortalecimiento, unificación y mejoramiento de los mecanismos que atienden un accidente de tránsito como el Centro Regulador de Urgencias y Emergencias, línea de emergencias, atención pre-hospitalaria, Instituciones Prestadoras de Salud, servicios de asesoría jurídica, apoyo psicológico y técnico a los afectados y sus familiares que resultasen involucrados en el hecho.

La meta del PMSM 2014 – 2020, busca reducir en un 25% las víctimas mortales de accidentes de tránsito a través de los ejes planteados anteriormente, bajo los principios de vida e integridad de los ciudadanos, trabajo permanente y coordinado con el Gobierno Nacional y otros Municipios y Cooperación Internacional, sustentados siempre en una visión científica, técnica y de participación ciudadana. (Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014 - 2020, 2014)

4.2. Campañas de prevención y reducción de accidentes de tránsito aplicadas en el cantón Cuenca

El propósito de una campaña es crear conciencia ciudadana sobre el valor y trascendencia que tiene el respeto a las leyes, normas y señales de tránsito para disminuir accidentes en las vías. Las campañas de seguridad vial son, además, intervenciones que están dirigidas a modificar las conductas de riesgo de los usuarios de la vía, las cuales constituyen uno de los factores de riesgo de mayor peso, es decir, el factor humano.

La EMOV EP ha implementado varias campañas con la intención de disminuir accidentes de tránsito a lo largo de estos últimos años, de las cuales algunas han dado resultados significativos mientras que otras no han arrojado los valores esperados.

“Por tu Bien”

Como consecuencia de la impericia de los conductores que no respetan las normas de tránsito y señalización, conducen a exceso de velocidad o en estado de embriaguez, entre otros; la Alcaldía de Cuenca, a través de la EMOV EP, realizó el lanzamiento de la campaña “Por Tu Bien” en noviembre del 2019. Esta campaña está dirigida a todos los usuarios de las vías y se ejecuta en distintos sectores de la ciudad, ha sido desarrollada bajo un concepto amigable con mensajes contundentes para generar mayor impacto de la mano de controles permanentes en las vías principales por parte del Cuerpo de Agentes de Tránsito. Los objetivos de esta campaña se basaron principalmente en:

- Reducir los índices de accidentalidad del cantón Cuenca, especialmente en cuanto a fallecidos y personas lesionadas.
- Aplicar acciones comunicacionales novedosas, con la finalidad de llegar de manera eficiente a estudiantes de instituciones educativas.
- Durante la ejecución de la campaña se realizarán activaciones creativas en puntos estratégicos de la ciudad, material impreso con mensajes de prevención y educación vial y socialización en lugares de esparcimiento, etc.

Figura 4. 1.

Logo campaña “Por tu bien”



Nota. Tomado de: <https://www.emov.gob.ec/>

“Detalles que salvan”

Esta campaña fue lanzada en el año 2018 por la EMOV EP, en conjunto con la empresa privada Traffic Safety Azuay (TSA). Esto dio inicio a la campaña “Detalles Que Salvan” con el fin de fomentar el respeto hacia las leyes de tránsito, y destacar la alianza público – privada entre EMOV EP y TSA como gestión para generar mecanismos de control de velocidad que vuelvan a Cuenca una ciudad ejemplar y referente en cultura vial en el país. Esta campaña fue una continuidad de las campañas “Mejor Prevenir” y “No Queremos Más”, las mismas que tuvieron un gran impacto en la ciudadanía. Los principales ejes que abarcó esta campaña fueron:

- Informar a la ciudadanía sobre la importancia de generar conductas responsables frente a las principales causas de accidentes de tránsito, en especial las muertes por atropellos y su vinculación directa con la velocidad en las vías.
- Orientar el respeto hacia los espacios destinados para peatones, ciclistas, conductores del transporte público y privado y ceder el derecho de vía a grupos prioritarios de la pirámide de la movilidad.

- Incentivar la aplicación de medidas de seguridad que los motociclistas deben tomar en cuenta cómo; utilizar casco de seguridad (incluido el acompañante) no conducir a exceso de velocidad, no zigzaguear entre los autos, respetar las veredas y señales de tránsito.

Figura 4. 2.

Logo campaña “Detalles que salvan”

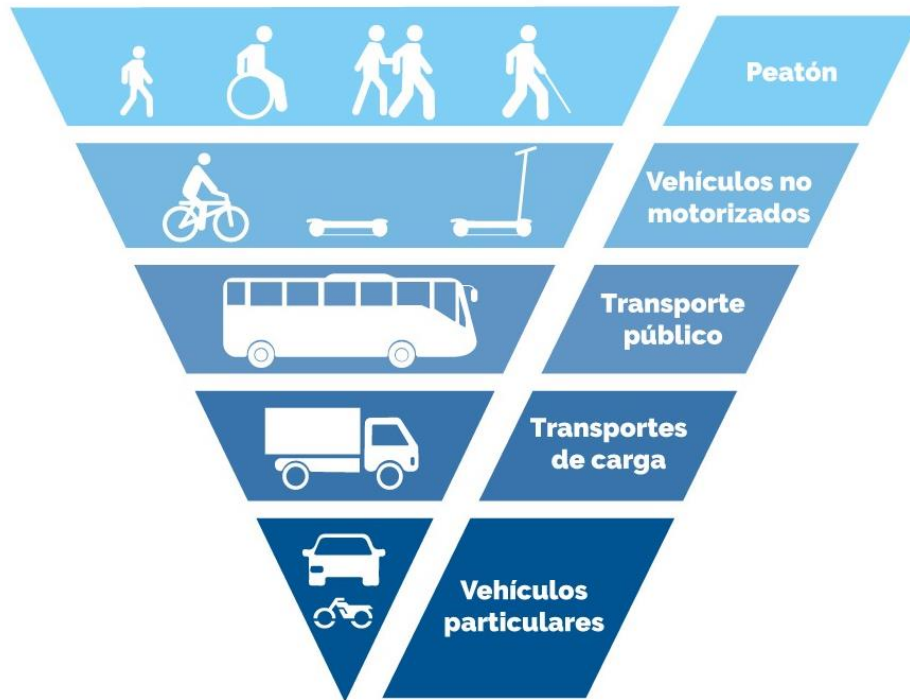


Nota. Tomado de: <https://www.emov.gob.ec/>

Figura 4. 3.

Pirámide de Movilidad

PIRÁMIDE DE MOVILIDAD



Nota. Elaborado por las autoras.

“El Respeto nos Mueve”

Esta campaña fue lanzada en mayo del 2019 teniendo una duración de cinco meses. Su objetivo principal estaba basado en fomentar la coexistencia entre los diferentes modos de transporte; peatones, ciclistas, motociclistas y conductores, promoviendo una convivencia adecuada en movilidad, prevaleciendo el respeto y la comprensión como componentes de seguridad, logrando así aminorar contravenciones e incidentes de tránsito entre los usuarios. Para implementar dicha campaña se tomó en cuenta también la opinión de los ciudadanos, por lo que mantuvieron varias reuniones con los representantes de los diferentes colectivos de ciclistas, motociclistas y atletas,

se trataron problemáticas que a diario se enfrentan quienes circulan por las vías, logrando así proponer varias acciones que se tomaron en cuenta al momento de ejecutar la campaña.

La campaña fue ejecutada mediante activaciones comunicacionales en intersecciones semaforicas, sitios estratégicos de concurrencia de los grupos a los cuales principalmente iba dirigida la campaña como peatones, ciclistas y motociclistas; además de activaciones sociales de difusión e interactivas en sitios de recreación y esparcimiento social.

Figura 4. 4.

Logo campaña “El Respeto nos Mueve”



Nota. Tomado de: <https://www.emov.gob.ec/>

“Puede esperar”

Esta campaña busca concientizar la buena conducción vehicular sobre los peligros de las distintas distracciones al manejar, principalmente el uso del celular, manejar en estado etílico y el apuro por hacer entregas en caso de los motorizados que hacen “delivery” en la ciudad. La campaña consiste en incentivar a la ciudadanía a respetar las normas de tránsito y saber que ningún mensaje, correo, llamada o distracción vale más que la vida, que “pueden esperar” mientras conducen, por lo que está dirigida a conductores de vehículos de delivery en motos, conductores de las distintas modalidades de transporte, niños y jóvenes de los sectores urbanos y rurales del cantón.

“PUEDE ESPERAR” tendrá una duración de cuatro meses a partir del mes de mayo del 2021, fecha en la que fue implementada. Se caracterizará por la implementación de estrategias creativas entre presenciales y virtuales; activaciones en la vía pública, publicidad en medios digitales, elaboración de vídeos, capacitaciones, entre otros, además se contará con la presencia de los personajes de la Liga de la Movilidad como los principales voceros, equipo que está conformado por Bodyman, Asertiva, Krican y Sinistrus.

Figura 4. 5.

Logo campaña “Por tu bien”



Nota. Tomado de: <https://www.emov.gob.ec/>

4.3. Factores clave en el planteamiento de medidas para la disminución de accidentes de tránsito en el cantón Cuenca

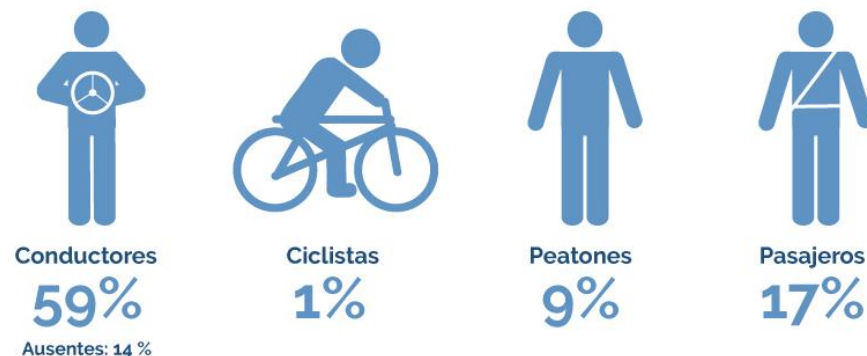
Tomando en consideración todos los análisis realizados anteriormente se sabe que a partir del 2018 los siniestros de tránsito han disminuido al igual que los lesionados, mientras que para las víctimas mortales no ha ocurrido lo mismo. A pesar de esta reducción de cifras siguen siendo alarmantes puesto que en promedio se tiene un total de 2 siniestros diarios y 33.6 fallecidos por año. Las principales causas son no respetar las señales reglamentarias de tránsito, conducir bajo la influencia de alcohol, conducir desatento a las condiciones de tránsito, no ceder el derecho de vía o preferencia de paso a vehículos y realizar cambio brusco o indebido de carril; en donde más de

la mitad de los actores involucrados en dichos eventos fallecen, cuyo rango de edad oscila entre los 20 a 34 años y el sexo más afectado es el masculino.

Para que una ciudad implemente y ejecute buenas políticas públicas en materia de seguridad vial y movilidad es importante que se identifiquen de manera clara los actores de mayor participación en siniestros de tránsito y sus causas, a fin de que las campañas y acciones futuras estén bien direccionadas, generando así cambios positivos para el entorno y alcanzando las metas planteadas.

Figura 4. 6.

Siniestros por tipo de participante.



Nota. Elaborado por las autoras.

En la **Figura 4. 6.** se presenta el porcentaje de intervención que tienen los conductores (presentes y ausentes), ciclistas, peatones y pasajeros dentro del cantón Cuenca. A pesar de que los conductores son los actores principales en siniestros de tránsito, no encabezan las estadísticas de fallecidos. En la **Figura 4. 7.** podemos observar que los peatones son el grupo más vulnerable, con un 41% de víctimas mortales de las cuales la gran parte corresponde a adultos mayores de 60 años. El 59% restante implica a personas jóvenes menores de 29 años, por lo que es de vital importancia

encontrar la estrategia más efectiva para que estos tomen conciencia de los riesgos que implican los siniestros de tránsito, y a su vez se responsabilicen como actores de los mismos.

Figura 4. 7.

Fallecidos por tipo de participante.



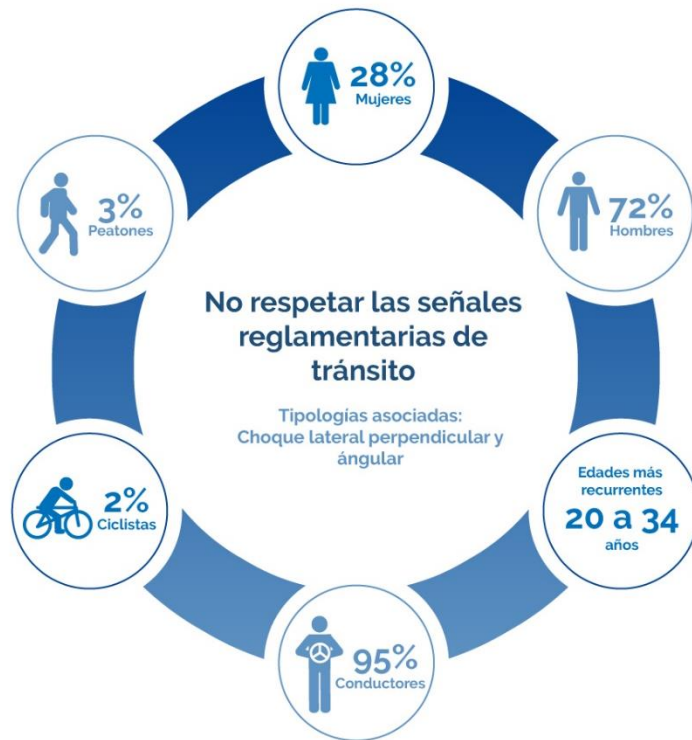
Nota. Se presenta el rango de edades más comunes de víctimas mortales por participante.

Elaborado por las autoras.

En párrafos anteriores se caracterizaron las principales causas de accidentes de tránsito, de las cuales se desprenden varios aspectos clave que facilitan la toma de decisiones. En cada una de las figuras que se muestran a continuación, podemos observar que los conductores hombres menores de 34 años juegan un rol fundamental dentro de la siniestralidad. Según la Estrategia Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile, estas conductas de los jóvenes se pueden asociar a la baja percepción del riesgo, inexperiencia en la conducción y el elevado consumo de alcohol.

Figura 4. 8.

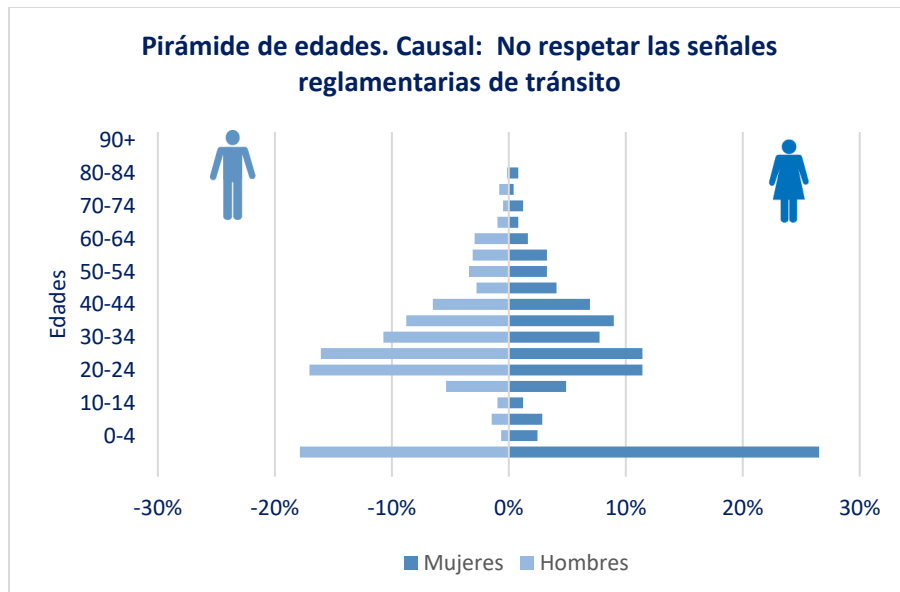
Resumen. Causal: No respetar las señales reglamentarias de tránsito.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 9.

Pirámide de edades. Causal: No respetar las señales reglamentarias de tránsito.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 10.

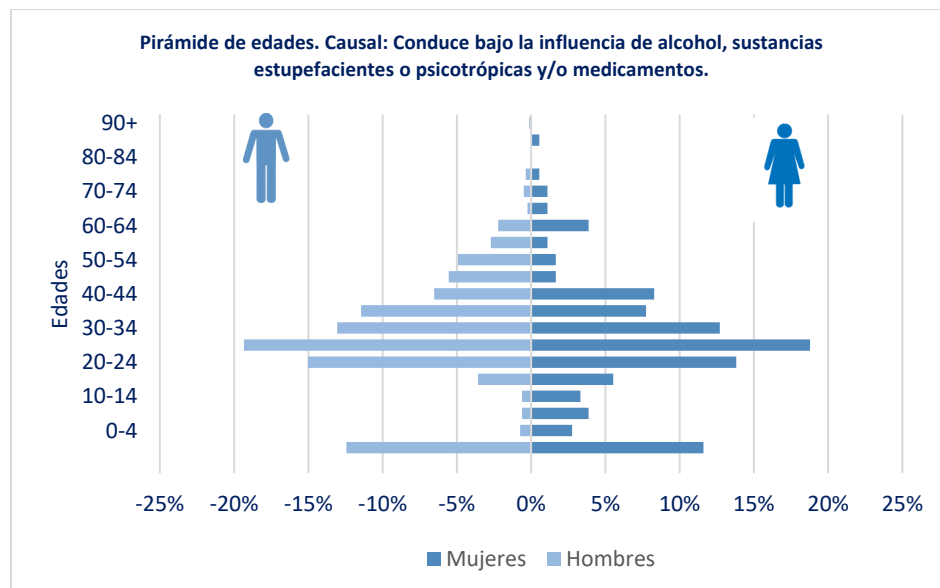
Resumen. Causal: Conducir bajo la influencia del alcohol o sustancias estupefacientes.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 11.

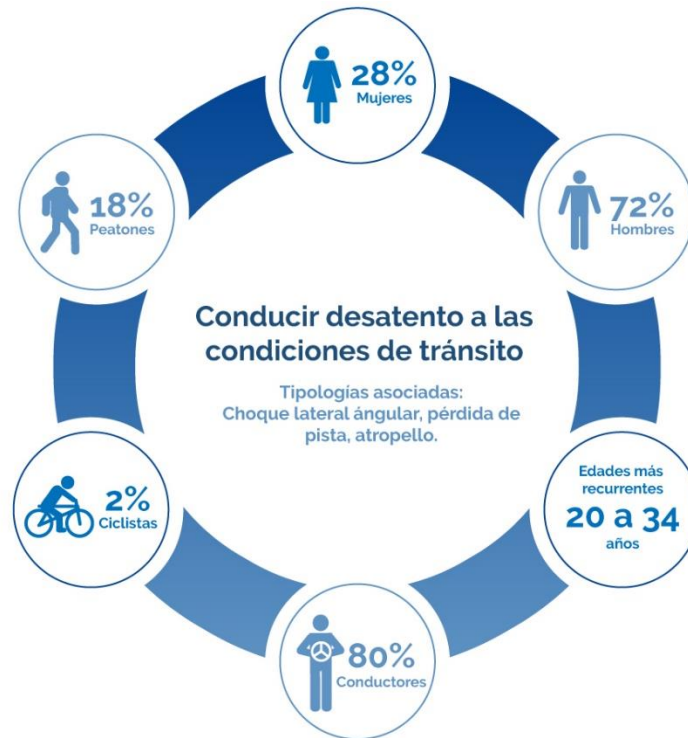
Pirámide de edades. Causal: Conducir bajo la influencia del alcohol o sustancias estupefacientes.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 12.

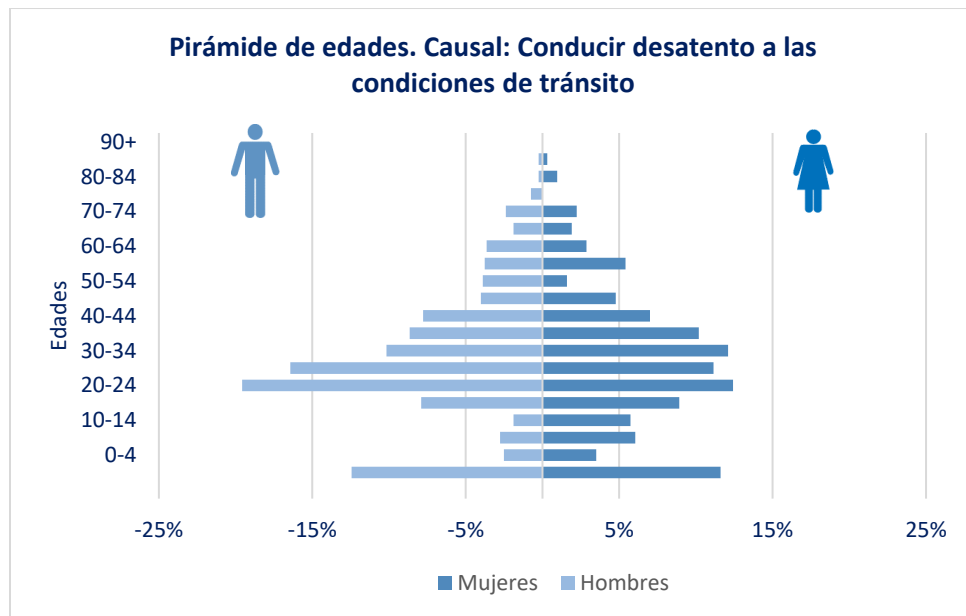
Resumen. Causal: Conducir desatento a las condiciones de tránsito.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 13.

Pirámide de edades. Causal: Conducir desatento a las condiciones de tránsito.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 14.

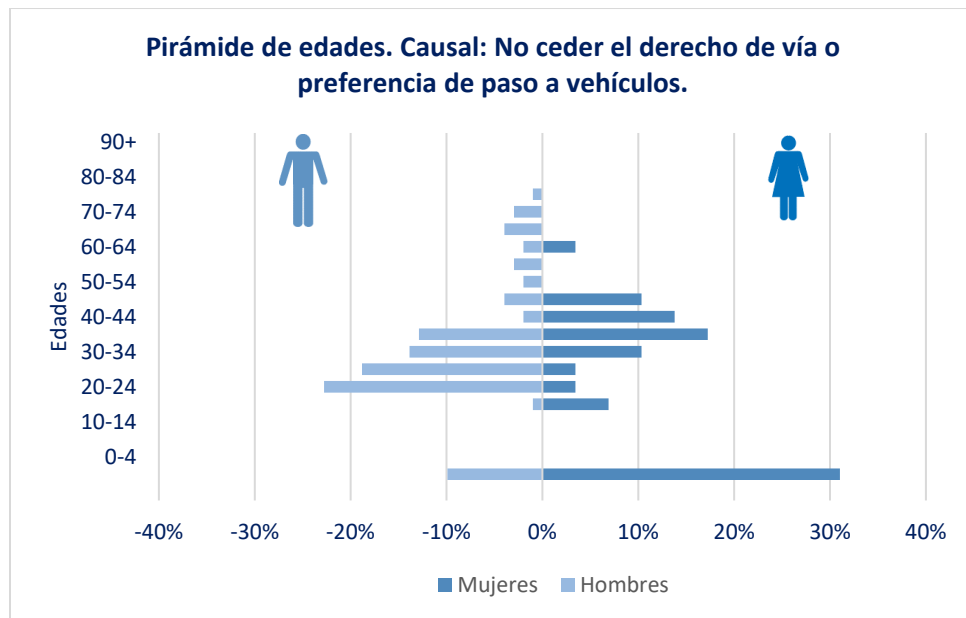
Resumen. Causal: No ceder el derecho a la vía o preferencia de vehículos.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 15.

Pirámide de edades. Causal: No ceder el derecho a la vía o preferencia de vehículos.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 16.

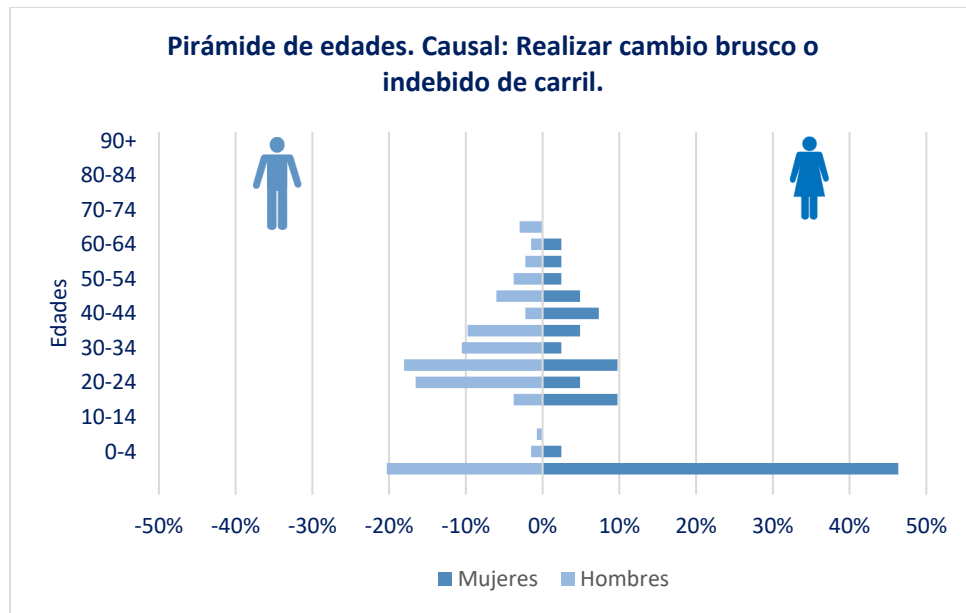
Resumen. Causal: Realizar un cambio brusco o indebido de carril.



Nota. Elaborado por las autoras.

Figura 4. 17.

Pirámide de edades. Causal: Realizar un cambio brusco o indebido de carril.



Nota. Elaborado por las autoras.

CONCLUSIONES

En la actualidad los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte convirtiéndose en un problema de salud pública y económica a nivel mundial, y el cantón Cuenca no es la excepción; a pesar de que las cifras de siniestros de tránsito han disminuido en los últimos dos años, siguen presentando altos índices de accidentalidad, mortalidad y morbilidad lo que se traduce en la falta de educación en materia de seguridad vial y concientización por parte de los usuarios de las vías.

A diferencia de los siniestros, los incidentes de tránsito se han incrementado en el transcurso de los últimos años puesto que el parque automotor ha tenido un aumento significativo del 20% aproximadamente ocasionando mayor flujo vehicular, y como resultado un promedio de 14 eventos cada 24 horas.

La frecuencia de siniestros diaria promedio presenta un valor general de dos accidentes siendo el 2018 el año de mayor accidentalidad, mientras que el punto máximo para fallecidos se da en el 2019 con un total de 43 víctimas.

La implementación de medidas preventivas por la pandemia de COVID-19 en el año 2020, ha tenido como resultado una disminución del flujo de tránsito, puesto que dichas medidas redujeron la circulación vehicular en las vías, lo que recae en la baja cifra de accidentes de tránsito, así como de lesionados y fallecidos registrados en ese año.

Con respecto al sexo más involucrado en accidentes de tránsito, los hombres son quienes resultan mayoritariamente afectados ya que en calidad de conductores y ciclistas conforman el 87 y 89%, respectivamente y se les atribuye la totalidad de víctimas mortales; mientras que para pasajeros y

peatones las cifras se igualan a las del sexo femenino, con un 50% para cada uno, sin embargo, los fallecidos siguen siendo en mayor parte hombres.

Ciertamente las principales causas de accidentalidad de tránsito son no respetar las señales reglamentarias de tránsito, conducir bajo la influencia de alcohol y conducir desatento a las condiciones de tránsito, todas estas se atribuyen al comportamiento de alto riesgo, la falta de experiencia y el estilo de vida asociado con los jóvenes, puesto que los rangos de edad de los actores de tránsito involucrados en lo mencionado anteriormente oscila entre los 20 y 34 años.

Si bien el grupo de usuarios con más del 50% de participación en accidentes de tránsito son conductores que resultan lesionados, el mayor número de víctimas mortales no pertenece a esta clase, sino a la de peatones con un 41% del global, puesto que tras el impacto con el vehículo fallecen de manera inmediata convirtiéndose en el grupo más vulnerable.

El comportamiento de la accidentalidad durante el periodo analizado deja en evidencia la fragilidad de peatones y ciclistas, y la importancia de enfocar medidas y políticas públicas específicas, que sirvan para aumentar su protección y puedan igualar el espacio vial para que todos los usuarios se desplacen de manera segura.

Los vehículos particulares en condición de automóviles, seguido de motocicletas, camionetas y vehículos deportivos utilitarios son los medios que más se relacionaron en la ocurrencia de accidentes de tránsito.

La EMOV EP ha concentrado sus esfuerzos en disminuir los accidentes de tránsito tanto en las zonas urbanas como rurales, pero a pesar de ello se requiere de mayor control por parte de las autoridades puesto que la parroquia urbana con mayor conflicto en los últimos cinco años es Yanuncay, mientras que las rurales son El Valle y Ricaurte; todas ellas han venido presentando

cifras similares para los años de estudio y es evidente que las acciones de control y regulación no han dado resultado.

Las series temporales del número de accidentes y fallecidos a causa de siniestros de tránsito proporcionaron su comportamiento desde enero del 2016 hasta diciembre del 2020, para así realizar una correcta proyección para los cinco años siguientes.

El modelo predictivo de siniestros indica que para los siguientes dos años la siniestralidad presentará variaciones con picos y valles que oscilarán en un rango de 27 y 36 eventos mensuales, y posteriormente la tendencia se mantendrá constante con un total de 32 siniestros de tránsito por mes hasta el 2026.

Por otro lado, la proyección de la serie de tiempo con respecto a los fallecidos indica que la cifra de víctimas mortales será constante para los próximos cinco años, sin presentar variaciones de ningún tipo con tres decesos por mes.

En relación a las series temporales obtenidas utilizando el modelo ARIMA, se puede inferir que no es un modelo probabilístico eficiente para predecir periodos largos de tiempo (cinco años) puesto que a medida este incrementa, la confiabilidad de los resultados disminuye, dato por el cual la tendencia tanto para siniestros como para lesionados se vuelve constante; y que al comparar con la realidad es una predicción poco certera. Para una proyección más eficaz, el tiempo de análisis debe ser mayor, es decir hay que considerar más observaciones, y reducir el tiempo de predicción.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de mejorar futuras investigaciones en torno a accidentalidad dentro del cantón Cuenca, se recomienda contar con personas capacitadas en el ámbito de seguridad vial dentro de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte para el correcto registro de datos. A su vez, se sugiere estandarizar el formato de citaciones evitando así la falta de información o inconsistencias, además se deberían incluir variables socioeconómicas, climáticas, legislativas, entre otras, para analizar la relación de las víctimas con el número de accidentes y su severidad.

Como parte de los esfuerzos que realiza la Municipalidad para contener el número de accidentes y víctimas mortales se encuentran las campañas y los operativos de control, sin embargo, no existen registros de un antes y después. Las parroquias más problemáticas siguen siendo las mismas a lo largo de los años de estudio y las campañas no calan en los intereses de los actores involucrados en siniestralidad; por lo tanto, se hace un llamado a la creación de un Plan de Movilidad Cantonal en el que se planteen buenas políticas públicas que protejan la vida de los cuencanos.

Las estrategias de este plan de acción deben partir de lo analizado y tener un seguimiento periódico, contemplar aspectos funcionales, físicos, culturales y al mismo tiempo estar enfocadas en prevenir todo tipo de accidentes de tránsito, por lo que se sugiere asignar un presupuesto en materia de seguridad vial, intervenir con programas de educación dentro de los barrios de las parroquias más conflictivas y realizar campañas de concientización que estén verdaderamente encaminadas hacia jóvenes a través del mejor canal de comunicación. Del mismo modo, se plantea analizar el sistema de atención hospitalaria y generar planes de atención integral a las víctimas de accidentes de

tránsito. Se recomienda mejorar el sistema de transporte público proponiendo uno integrado, articulado, con mayor cobertura e intermodalidad.

Para avanzar en seguridad vial es necesario un gran esfuerzo sostenido en el tiempo, comprender el porqué de los parámetros analizados en este estudio es el inicio de un cambio vital dentro del cantón. Las soluciones y mejoras en la esfera de la seguridad vial no ocurren de golpe, estas deben ser paulatinas, por lo que se propone trazar un horizonte de acción colectiva a largo plazo, con la participación de un equipo multidisciplinario y el compromiso no solo de autoridades municipales, sino también de académicos, empresas privadas y ciudadanía en general.

REFERENCIAS

- Estrategia Nacional de Seguridad de tránsito, 55 (2020).
- ANT. (2014). *La Institución Su Filosofía*. http://www.ant.gob.ec/?page_id=2396
- Asamblea General Constituyente. (2012). Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. *Ley*, 1–91.
- Caivinagua, X. (2013, April). Cuatro entidades regulan el tránsito. *EL Comercio*.
- Cal Y Mayor, R., & Cardenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones* (Octava Edición).
- Chapra, S., & Canale, R. (2006). *Métodos Numéricos para Ingenieros*.
- Comisión de Tránsito del Ecuador CTE. (2014). *Misión y Visión*. <https://www.comisiontransito.gob.ec/valores/>
- Córdova Guzmán, L., & Paucar Flores, C. (2014). Análisis de los indicadores de seguridad vial para la disminución de accidentes de tránsito en el Ecuador. *Universidad Politécnica Salesiana*, 1, 143. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8927>
- Corres, G., Esteban, A., García, J., & Zárate, C. (2009). Análisis de series temporales. *Revista Ingeniería Industrial*, 8(1), 21–33.
- de la Fuente Fernández, S. (2016). Series Temporales: Modelo Arima. *Universidad Autónoma de Madrid*, 1–14. <http://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/SERIES-TEMPORALES/modelo-arima.pdf>
- Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020, 200 (2011).
- Dietrichson, A. (2019). *Métodos Cuantitativos*.
- Ecuador con nueva tipología de accidentes*. (n.d.).
- El SIAT investiga el origen de accidentes de tránsito. (2013, June). *La Hora, Policial*.
- EMOV EP. (2014). *Acerca de Nosotros*. <http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/transparencia/k1.ppsx>
- Ghedira, A., Kammoun, K., & Saad, C. Ben. (2018). Temporal Analysis of Road Accidents by ARIMA Model : Case of Tunisia Temporal Analysis of Road Accidents by ARIMA Model : Case of Tunisia. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24(December), 1544–1553.
- Gómez, A., Chérrez, M., Russo, M., González, L., Suasnavas, P., & Celín, F. (2016). Características de la mortalidad por accidentes de tránsito en Ecuador. In *Cienciamérica* (Vol. 5, pp. 22–31).
- Gómez, B. (2020). *Metodología de Box-jENKINS*. <https://rpubs.com/brianz0r/570975>
- Informe MTOP Azuay*. (2019).
- Jauregui, M. (2016). Medidas de tendencia central: media, mediana, moda, rango y eje medio. *Aprendiendo Administración, Estadística*. <https://aprendiendoadministracion.com/medidas-de-tendencia-central-media-mediana-moda-rango-y-eje-medio/>

- Ley organica de transporte terrestre tránsito y seguridad vial. (2014). Asamblea constituyente del Ecuador. *Ley 1*, 17. <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf>
- Martínez, D. R., Albín, J. L., Cabaleiro, J. C., Pena, T. F., Rivera, F. F., & Blanco., V. (2009). El criterio de información de $\{A\}$ kaike en la obtención de modelos estadísticos de Rendimiento. *XX Jornadas de Paralelismo, September*, 439–444.
- Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014 - 2020, (2014).
- Medina, D., Medina, M., & Escobar, C. (2017). *Accidentes de tránsito. Rescate in situ*.
- Minnaard, C. (2011). Modelos de regresión lineales y no lineales: Su aplicación en problemas de ingeniería. *Revista Premisa*, 13, 20–29.
- Moyano Tobar, C. (2020). *Movilidad en Cuenca*.
- Pietraski, T. (2017, July). 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo. *OMS*.
- Rey Graña, C., & Ramil Diaz, M. (2011). Series temporales. *Introduccion a La Estadistica Descriptiva. Segunda Edicion*, 85–105. <https://doi.org/10.4272/978-84-9745-167-3.ch4>
- Salazar, C. (2018). *Fundamentos Básicos De Estadística*.
- Salinas Cabrera, M. E., & Vele Figueroa, L. H. (2014). Estudio científico de la accidentalidad de tránsito en el cantón Cuenca. *Universidad Politécnica Salesiana*, 1–131.
- Stredel, L. (2011). *Estadística Inductiva e Inferencial*. Universidad Nacional Experimental “Simón Rodríguez.”