



*Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Construcciones*

PROGRAMA PREVENTIVO DE ACCIDENTALIDAD EN LA CIUDAD DE MATANZAS.

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autora: Libeisy Sánchez Bello.

Tutores: Ing. Orlando Santos Pérez.

Ing. Homero Morciego Esquivel.

Matanzas, 2018

PENSAMIENTO

“La forma de conducir y conducirnos en la vía pública muestra un comportamiento donde cada uno pierde y donde todos perdemos, donde la conducta individual juega al rompecabezas del suicidio colectivo”.

Eduardo Mondino

DEDICATORIA

A mis abuelos Eddy y Reynaldo, por ser los motores impulsores de mi carrera.

A mi madre Nuriam porque gracias a ella soy todo lo que soy.

AGRADECIMIENTOS

Agradeceré a cada una de las personas que de una forma u otra aportaron su granito de arena para que este día llegara.

A mis abuelos maternos Eddy y Reynaldo porque me impulsaron a realizar este proyecto de vida.

A mi madre Nuriam por apoyarme siempre en todo.

A Jimmy por ser un padre para mí, aunque no nos unen lazos de sangre.

A Wilma, Anelis, Nilda y César, mis compañeros de estudios y amigos porque sin ellos, de verdad, la universidad no hubiera sido lo mismo.

A mis tutores Ing. Orlando Santos Pérez y Ing. Homero Morciego Esquivel por su gran ayuda en la realización de este trabajo de diploma.

A Migdrey por su gran ayuda hasta los últimos días de mi tesis.

A mis tíos Yaya y Jesús porque de alguna forma también me ayudaron en la realización de este trabajo.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Libeisy Sánchez Bello, declaro que soy la única autora de este trabajo de diploma y, en tal calidad, autorizo a la Universidad de Matanzas a emplearlo como material de consulta.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

La prevención de la accidentalidad en la ciudad de Matanzas presenta deficiencias, debido a que las entidades encargadas de este tema se limitan a la aplicación de medidas aisladas que no corresponden a un programa con una mirada integral de esta problemática. Esta investigación propone un programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas que coadyuva a enfrentar la situación existente. Para ello se realizó el análisis y cálculo de diversos indicadores que permitieron identificar los factores predominantes y medir la magnitud del problema; así como recomendar las medidas correspondientes. Se utilizaron herramientas científicas como los métodos de criterio de expertos Delphi y Kendall para la validación de las medidas que conforman finalmente el programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas. Los resultados obtenidos demostraron que la falla operacional en la mayoría de los casos no solo depende de los usuarios de las vías que tienen gran responsabilidad en la ocurrencia de estos hechos, sino también de la infraestructura vial y las corrientes vehiculares. El programa preventivo tiene como fin la reducción de la magnitud del fenómeno de accidentalidad al contribuir con un grupo de medidas que están estrechamente relacionadas y que funcionan en conjunto.

Palabras claves: accidentalidad; prevención; indicadores; reducción.

ABSTRACT

English abstract must present the same characteristics than the Spanish one. Author must be carefully in using the right English terms. The use of electronic translators for elaborating the abstract is strongly discouraged.

Keywords: From four to seven keywords separated by semicolons.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica	8
1.1- Accidentalidad. Términos y definiciones	8
1.2- Tipos de accidentes.....	9
1.2.1- Clasificación atendiendo a la severidad.	10
1.2.2- Clasificación atendiendo a los participantes.....	10
1.2.3- Fases de los accidentes de tránsito	12
1.3- Causas de los accidentes de tránsito.....	14
1.3.1- Tipos de infracciones de tránsito.....	16
1.4- Investigaciones de accidentes de tránsito.....	19
1.4.1- Fases de las investigaciones.	20
1.4.2- Obtención de datos.	21
1.4.3- Archivos de accidentes.....	22
1.4.4- Métodos de investigación de accidentes de tránsito.....	23
1.4.5- Reconstrucción de accidentes de tránsito.....	24
1.4.6- Fundamentos físicos aplicados a los choques o colisiones.....	25
1.4.7- Reconstrucción de choques y atropellos.....	26
1.4.8- Métodos para estimar la velocidad de impacto.....	29
1.5- Análisis de accidentalidad. Campo de aplicación.....	32
1.6- Procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito.....	33
1.6.1- Cantidad de accidentes de tránsito.....	34
Cuando se calcula con respecto al kilometraje de viaje, se utiliza para comparar núcleos de población, entidades, países o carreteras individuales. Representa el número de accidentes por un millón de vehículos-kilómetros de viaje al año. Se calcula de la siguiente forma:	34
1.6.2- Lesionados en accidentes de tránsito.....	34
1.6.3- Fallecidos en accidentes de tránsito.....	34
1.7- Prevención de la accidentalidad.....	35
1.7.1- Planes de acciones para reducir la accidentalidad.....	37
1.7.2- Necesidad de un instrumento metodológico para el seguimiento de la accidentalidad en el contexto de la ciudad de Matanzas.....	38
1.7.3- Impacto de la accesibilidad y movilidad urbana en la accidentalidad.....	38
Conclusiones Parciales del Capítulo.....	40
Capítulo 2 Materiales y Métodos.....	41
2.1. Descripción de los métodos y herramientas empleados para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad.....	41
2.1.1. Tormenta de ideas o Brainstorming.....	41
2.1.2. Formación del equipo de expertos.....	42
2.1.2.1. Cálculo del índice de experticidad.....	42
2.1.2.2. Selección de los expertos.....	47
Conclusiones Parciales del Capítulo.....	53
Capítulo 3 análisis de los resultados	54
3.1. Procedimiento para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad.....	54
Etapa 1: Análisis de la situación.....	54

Etapa 2: Diagnóstico de la situación.....	56
Etapa 3: Objetivos estratégicos.....	62
Etapa 4: Programa preventivo de accidentalidad.....	63
Conclusiones.....	73
Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	75
Anexos.....	78

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de las ciudades ha aumentado de forma significativa la necesidad de transporte de personas, animales y mercancía. Esta situación ha ocasionado un mayor uso de los automóviles, y por lo tanto un fuerte desarrollo de la cantidad de estos para los más variados propósitos, incluyendo viajes al lugar de trabajo y al de estudio, con lo que se ha presionado significativamente la red vial, y en gran parte las vías no están lo suficientemente adecuadas para este crecimiento de los flujos vehiculares.

La interacción de los vehículos, las condiciones de las carreteras, deterioradas con el paso del tiempo, los bajos niveles de control y la negligencia de los conductores y peatones en la mayoría de las ocasiones, son algunas de las causas principales en el incremento de accidentes de tránsito, convirtiéndose en un gran problema que provoca la pérdida de vidas humanas, lesiones y pérdidas materiales millonarias. La cantidad o frecuencia con que tienen lugar estos accidentes de tránsito en determinados lugares es lo que se denomina fenómeno de accidentalidad.

La ciudad de Matanzas se encuentra en la travesía del corredor turístico Habana-Varadero, a través de la Vía Blanca. Entre las transformaciones que se llevan a cabo se encuentra el diseño de un modelo de gestión de accesibilidad y movilidad, el cual como parte de la mejora continua propone un seguimiento de la accidentalidad en la zona y plantea la necesidad de la elaboración de un programa dirigido a la prevención de accidentes, lo cual de manera conjunta con la gestión integrada de las variables que inciden en la accesibilidad y movilidad de la ciudad de Matanzas, mejorará de manera significativa el desarrollo y funcionamiento de la vialidad de la misma.

Lo antes expuesto evidencia como **situación problemática** la necesidad de un análisis integral de la accidentalidad en la Ciudad de Matanzas, partiendo de la incidencia en este fenómeno de los componentes de la vialidad urbana.

Se define como **problema científico** de la investigación: ¿Cómo contribuir a la mejora de la gestión de accesibilidad y movilidad de la Ciudad de Matanzas a partir del análisis y mejora de las condiciones que inciden en la accidentalidad?

Siendo el **objeto de estudio** la accesibilidad y movilidad en las ciudades, y el **campo de acción** accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.

Por lo antes expuesto se establece como **objetivo general**: elaborar un programa preventivo de accidentalidad en la Ciudad de Matanzas en vistas a aminorar los impactos negativos que ocasiona este fenómeno en la accesibilidad y movilidad.

Planteando como **hipótesis** que si se mejoran las condiciones de operación de los componentes de la vialidad urbana, se logrará una mejora en la gestión de la accesibilidad y movilidad lo cual se verá reflejado en la reducción de la accidentalidad.

Operacionalización de las variables:

Variable independiente:

Programa preventivo de accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.

Variable dependiente:

Reducción y aminoración del impacto de la accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.

Se trazan como objetivos específicos:

- Analizar el estado del arte y la práctica de la prevención de la accidentalidad a nivel nacional e internacional.
- Caracterizar los parámetros que condicionan el comportamiento de la accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.
- Elaborar un programa preventivo de accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.

De dichos objetivos específicos se derivan las siguientes **tareas principales de la investigación**:

- Análisis del estado del arte y la práctica de la prevención de la accidentalidad a nivel nacional e internacional.

Mediante la conceptualización de referentes teóricos afines al tema de la investigación, se realizará una panorámica del estado del arte actual del objeto de estudio, sus antecedentes y la evolución en locaciones similares a la del caso de estudio.

- Caracterización de los parámetros que condicionan el comportamiento de la accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.

Mediante la caracterización y definición de los puntos de conflicto que existen en la Ciudad de Matanzas, se analizarán las diferentes mejoras existentes que se pueden aplicar en esos puntos mediante la realización de una lluvia de ideas (Brainstorming), luego se reunirá un grupo de expertos que con los suficientes conocimientos que tienen sobre el objeto de estudio en cuestión, evaluarán esta serie de mejoras para seleccionar las más importantes, a través del Método del panel de Expertos o coeficiente de Kendall y el Método Delphi.

- Elaboración de un programa preventivo de accidentalidad en la Ciudad de Matanzas.

A partir del criterio de expertos, se introducirá el grupo de mejoras propuestas en el Delphi, Kendal y Brainstorming consecutivamente, lo que permitirá descartar las mejoras menos efectivas para aplicar en esa zona y se definirá el programa preventivo que contribuya a la disminución de la accidentalidad.

Métodos científicos:

Para desarrollar la presente investigación se emplearán diferentes **métodos teóricos**, entre ellos:

- Análisis-síntesis.

Una vez definidos los objetivos y las tareas de la investigación, se comenzará la recopilación de información referente al tema; al localizarla en las distintas fuentes bibliográficas, se realizará el fichaje para su posterior procesamiento, el cual consistirá en una lectura exhaustiva con el fin de describir los elementos relacionados en la búsqueda y establecer conexiones entre los mismos que posibilitarán el logro de los objetivos y el cumplimiento de las tareas de la investigación.

- Histórico-lógico.

Como parte de la caracterización del objeto de estudio, y como resultado de la revisión bibliográfica, se elaborará una descripción de los antecedentes de los estudios de accidentalidad, tanto en el ámbito nacional como internacional.

- Inducción-deducción.

Tomando como referente los resultados de investigaciones basadas en aforos vehiculares y se inducirá el comportamiento de parámetros inherentes a la accidentalidad, utilizando un procesamiento matemático y probabilístico que permitirá identificar patrones de variaciones a corto, mediano y largo plazo, y referir el impacto de tales fluctuaciones en el funcionamiento del sistema de transporte a nivel micro y macro dentro de la ciudad.

- Inferencia de datos.

Teniendo en cuenta el incremento del turismo de ciudad como sector de altísimo impacto económico, tanto a nivel nacional, como en la región de emplazamiento del caso de estudio, y a partir de las pautas establecidas a mediano y largo plazo, se inferirán valores representativos para ambos marcadores del desarrollo nacional, con vistas a ser empleados en el análisis matemático mediante métodos numéricos que se llevará a cabo, siendo ajustado para su posterior empleo en análisis inductivo-deductivo a realizar a los patrones de las corrientes vehiculares.

Por otra parte, se emplearán **métodos empíricos**, entre los que se encuentran:

- Observación

La observación será externa y directa, pues la recogida de información se realizará por observadores entrenados, que percibirán las manifestaciones externas del objeto de estudio mediante el contacto inmediato con vistas a ofrecer una interpretación o explicación de su naturaleza interna. Será además una observación de equipo y estructurada, pues se elaborará previamente un modelo con la información que indispensablemente debe ser registrada por el grupo que apoyará en las tareas de levantamiento, entrevistas y encuestas.

- Medición

Dado el hecho de que la medición como caso particular de la observación arroja más datos exactos y confiables, se reflejará la ubicación de puntos críticos, a partir de donde se está realizando el levantamiento.

- Entrevista

Se realizarán entrevistas informativas estructuradas de carácter abierto, para facilitar al entrevistado dar cualquier respuesta que considere apropiada sobre hechos, situaciones, acontecimientos, opiniones y actitudes que involucren al caso de estudio. Las mismas serán de tipo directiva centrada, pues tiene el objetivo de conocer las opiniones de diferentes personas con respecto al tema objeto de la investigación, fundamentalmente directivos de los organismos incidentes en la gestión de la infraestructura vial y peatonal.

- Criterio de Expertos:

- Tormenta de ideas o Brainstorming

Se realizará una lluvia de ideas de tipo no estructurada, donde cada uno de los sujetos reunidos expondrá sus ideas, se listarán y serán sometidas al criterio colectivo.

- Método Delphi

Se reunirá un grupo de expertos, y de forma anónima validarán las ideas resultantes de la tormenta, pudiendo quedar descartadas algunas de ellas de acuerdo a la concordancia.

- Método del panel de Experto o del Coeficiente de Kendall

Se priorizarán los criterios de los especialistas reunidos, de manera que cada integrante del panel vaya ponderando según el orden de importancia que cada cual entienda a criterio propio, y de esta forma se determinará la nomenclatura de las características o causas analizadas.

Los **valores** que se destacan de la investigación son:

- Económico: al analizar los componentes de la vialidad urbana que inciden en accidentalidad, se logrará disminuir los impactos negativos de este fenómeno en la accesibilidad y movilidad, por tanto se aminorarán los gastos en reparación de señales, estructuras, vehículos u otros producto de daños producidos por accidentes.

- Social: con la disminución del número de accidentes en la ciudad se logrará un mejor comportamiento del tránsito, disminuir pérdida de vidas humanas y económicas, devolver la seguridad a la población, mantener la conservación de las edificaciones, aceras y señales que son afectadas por el impacto del choque de los vehículos, obteniendo un mejor nivel de vida de la comunidad.
- Práctico: los organismos implicados en la renovación y restauración de la Ciudad de Matanzas contarán con un modelo de gestión que le permitirá tomar medidas en pos de la realización de tareas encausadas al logro de un mejoramiento de las condiciones que inciden en la accidentalidad.
- Metodológico: la investigación define un programa preventivo de accidentalidad para la Ciudad de Matanzas. Esta puede constituir una herramienta a emplear por las autoridades pertinentes a los efectos en ciudades de configuración similar a Matanzas que presenten rasgos parecidos en las condiciones de accesibilidad y movilidad.

El Trabajo de Diploma se estructura de la siguiente forma:

- Resumen/Abstract.
- Índice.
- Introducción.

En ella se define la Situación Problemática y se formula el protocolo de la investigación, en el cual se precisan el problema científico, objetivo general, los objetivos específicos y la hipótesis, así como los métodos utilizados en la investigación.

- Capítulo I: Marco Teórico Referencial.

En este capítulo se analizará la conceptualización de referentes teóricos afines al tema de la investigación, se realiza una panorámica del estado del arte y la práctica actual del objeto de estudio, sus antecedentes y evolución. Se explica además la influencia sobre el caso en cuestión de los estudios de Ingeniería de Tránsito, lo que permite dar una descripción del desenvolvimiento de la accidentalidad en las infraestructuras que forman parte de la trama urbana de la ciudad de Matanzas, así como su relación con el centro histórico en general.

- Capítulo II: Materiales y métodos.

En este capítulo se estructura el Programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas, a partir de las etapas que resultan de la revisión bibliográfica, exponiendo los métodos para obtener la información que refleja la realidad del fenómeno en estudio y su procesamiento. Se definen indicadores básicos para la prevención de la accidentalidad, los cuales definen los valores que aseguran tener bajo control el comportamiento de los accidentes de tránsito en la zona de estudio.

- Capítulo III: Análisis de los resultados.

Se aplica el Programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas, siguiendo la estructura propuesta en el capítulo anterior, dando como resultado un reflejo puntual del fenómeno en estudio, cuya documentación servirá como punto de partida en la construcción de una serie histórica de gran utilidad para investigaciones posteriores.

- Conclusiones.

A partir de la situación problemática, luego de haberse aplicado los métodos de investigación y habiendo sido arrojados los resultados de la investigación, se arriba a conclusiones en función de los objetivos específicos formulados por la autora.

- Recomendaciones.

Se sugiere tanto a la Universidad de Matanzas como a las entidades rectoras del desarrollo de las infraestructuras urbanas de la ciudad cabecera, que se continúen los estudios propuestos en el presente Trabajo de Diploma, los que continuarán el camino hacia la gestión integrada como solución para la sostenibilidad de la ciudad cubana actual.

- Bibliografía.
- Anexos.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los elementos del sistema de seguridad vial tienen amplia responsabilidad en la accidentalidad, y a su vez en el sistema de seguridad vial intervienen tres elementos fundamentales que se relacionan entre sí, y que dependiendo de la forma que ellos actúan y como se acciona sobre ellos será la seguridad de la carretera o de la red vial. Estos elementos son: el vehículo, el hombre y el entorno (García Depestre et al., 2012; Sabey & Staughton, 1979; Mikulik et al., 2007; Jiménez & Sarmientos, 2011). El análisis de las causas de la accidentalidad vehicular abre el camino a la identificación de claras responsabilidades para la adopción de medidas que atenúen los efectos de la accidentalidad vehicular, a partir de la disponibilidad o factibilidad de datos estadísticos sobre la accidentalidad.

1.1- Accidentalidad. Términos y definiciones

Se denomina accidente de tránsito a un evento que causa daño a personas o cosas, que se produce como consecuencia directa de la circulación de vehículos. Suceso imprevisto, casual, no intencional y a la vez previsible, evitable, que se produce en una vía de circulación donde participan los elementos del tránsito, y por lo menos un vehículo debe estar en movimiento (Ortiz Valverde, 2015).

Según (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2010) un accidente de tránsito es un hecho que ocurre en la vía, donde interviene por lo menos un vehículo en movimiento y que como resultado produce la muerte, lesiones de personas o daños materiales.

Según (Herrera & Castañeda Morales, 2010) los conductores se constituyen en las personas habilitadas y capacitadas técnica y teóricamente para operar un vehículo.

Según (Pérez Gutiérrez & Lastre Ramos, 2014) los peatones son todas aquellas personas que se movilizan a pie, y los pasajeros, los ocupantes de vehículos, ajenos al conductor.

Según Córdova Guzmán & Paucar Flores, 2014 se denomina vehículo a todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada abierta al público.

Según (Asamblea Nacional de Poder Popular, 2010) el término carretera se utiliza para referirse a toda vía con calzada pavimentada en zona rural.

De las definiciones antes mencionadas se puede deducir que un accidente de tránsito es un suceso que ocurre en la vía pública generalmente de manera involuntaria, donde los principales protagonistas son el vehículo, el conductor y el peatón, causando daños a vidas humanas y materiales.

Según (Ortiz Valverde, 2015) las circunstancias necesarias para que un determinado hecho se acepte como accidente de tránsito son las siguientes:

- Suceso eventual, no intencional, no deseado.
- Como consecuencia o con ocasión del tránsito, supone la utilización de una vía abierta a la circulación sea pública o no, por una o más unidades de tránsito.
- Con intervención al menos de un vehículo en movimiento.
- Cuando un viandante se golpea con una señal de tránsito o se cae en la calzada y se lesiona, no se considera como accidente de tránsito, sin embargo si un vehículo se encuentra en movimiento y si su conductor llega a atropellar a una persona se es considerada como un accidente de tránsito.
- Con producción de una situación anómala en el normal discurrir de la circulación.
- Con resultado de muerte o lesiones en las personas, o daños en las cosas o animales.
- En esta clase de eventos están implicados vehículos motorizados y no motorizados pero también pueden intervenir peatones, animales o cualquier artefacto capaz de circular por la vía.

Según (Botella Plana et al., 2011; Camargo Martínez, 2012; Machado Riveros & Otálora Hernández, 2015) las intersecciones críticas son lugares que presentan alta frecuencia de accidentes debido a la presencia constante de movimientos conflictivos entre vehículos y entre vehículo y peatón.

1.2- Tipos de accidentes.

Los accidentes de tránsito pueden ser clasificados teniendo en cuenta diversos criterios, su importancia, modo en que se producen e implicación de los participantes.

1.2.1- Clasificación atendiendo a la severidad.

Según Pontificia Universidad Javeriana (2010) los accidentes de tránsito se clasifican de acuerdo a su gravedad como:

- Accidente solo con daño a la propiedad: son aquellos en los que solamente se producen daños materiales, o sea, que no hay víctimas, ni heridos, ni muertos.
- Accidente con heridos: los accidentes con heridos son aquellos en los que ninguna persona fallece, pero sí sufren heridas ya sean graves o leves, también cuando se producen heridos combinados con daños materiales.
- Accidente con muertos: es aquel donde se producen muertos, ya sea en el acto o dentro de los treinta días siguientes; muertos y heridos; o muertos y daños materiales.

1.2.2- Clasificación atendiendo a los participantes.

Existen varios tipos de accidentes de tránsito atendiendo a los participantes, según (Córdova Guzmán & Paucar Flores, 2014; Ortiz Valverde, 2015) estos son:

- Accidentes de tránsito simples, son aquellos en los que participa un solo vehículo en movimiento, sobre una vía de circulación y en el que tiene relación directa el elemento hombre. Dentro de estos se encuentran:
 - Choque: es la colisión de un vehículo en movimiento contra un elemento fijo o momentáneamente fijo (vehículo estacionado); se puede clasificar en choque anterior, choque posterior, choque angular y choque lateral.
 - Volcadura: es el vuelco que sufre un vehículo cuando se encuentra en movimiento pudiendo hacerlo sobre sus lados o hacia adelante o hacia atrás; puede ser de dos tipos volcadura de tonel (se produce sobre uno de sus ejes laterales) y volcadura de campana (se produce sobre su eje delantero o posterior).
 - Despiste: no es precisamente un accidente de tránsito, generalmente es parte de una secuencia por la pérdida del contacto de las llantas con la superficie normalmente circulable de la vía, es decir salirse de la porción circulable. Puede ser parcial, cuando no todos los neumáticos del vehículo pierden contacto con la porción circulable; y total, cuando todos los neumáticos del vehículo pierden contacto con la porción circulable.

- Incendio: se produce como consecuencia de efectuar reparaciones, fallas eléctricas o mecánicas, o similares, dando lugar al incendio del vehículo, sin que ello sea consecuencia de accidente previo.
- Accidentes de tránsito múltiples, son aquellos en que intervienen por lo menos dos vehículos en movimiento o un vehículo en movimiento en traslación y un peatón. Estos pueden ser:
- Colisión frontal: es la colisión que corresponde al embestimiento de un vehículo a otro, estando ambos en movimiento, este a su vez puede ser colisión frontal céntrica (cuando los ejes longitudinales de dos vehículos son opuestos y coinciden su posición), colisión frontal excéntrica izquierda y colisión frontal excéntrica derecha (en ambos casos los ejes son paralelos pero no coinciden, por lo general sucede en invasión de carriles adyacentes de sentido contrario).
 - Colisión por embiste: es aquella que se produce cuando un vehículo colisiona contra la pared lateral del otro vehículo que está en marcha, por la manera que impactan se le denomina choque en “t”; puede ser colisión por embiste lateral derecho, colisión por embiste lateral izquierdo, colisión por embiste céntrico, colisión por embiste excéntrico anterior y colisión por embiste excéntrico posterior.
 - Colisión por alcance: es la colisión que se produce entre dos vehículos en movimiento que circulan en el mismo sentido impactando por su parte frontal el que transita detrás contra la parte posterior del que recorre por delante; puede ser colisión por alcance céntrico (cuando los ejes longitudinales coinciden con el impacto), y colisión por alcance excéntrico (cuando los ejes longitudinales de ambos vehículos no coinciden: excéntrico derecho o izquierdo).
 - Colisión lateral: es la colisión que se produce entre dos vehículos en traslación donde sus partes laterales toman contacto entre sí; puede ser colisión lateral positiva (cuando los vehículos circulan en sentidos opuestos), colisión lateral negativa (cuando los vehículos circulan en el mismo sentido) y colisión lateral por topetazo (cuando los vehículos circulan en el mismo sentido y sus partes toman contacto entre sí en forma transversal).

- Atropello: es el impacto de un vehículo y un peatón; existen varios tipos como son:
 - Atropello por proyección, cuando el vehículo impacta al peatón y lo proyecta ya sea hacia delante o hacia los lados del vehículo.
 - Atropello por volteo, cuando el vehículo impacta al peatón y este cae sobre el vehículo, pudiendo rodar hacia atrás o a los lados.
 - Atropello por aplastamiento, cuando cualquiera de las llantas del vehículo pasan sobre cualquier parte del peatón.
 - Atropello por compresión, cuando un vehículo al impactar a un peatón lo presiona en forma mecánica contra cualquier objeto fijo.
 - Atropello por encontronazo o atropello por arrastramiento, cuando un vehículo arrastra a un peatón al engancharse cualquier parte de su cuerpo o vestimenta en la estructura metálica del vehículo.
- Accidentes de tránsito mixtos, son aquellos donde se combina un accidente de tránsito simple con un accidente múltiple; por ejemplo un despiste con subsecuente atropello o un choque frontal excéntrico derecho con subsecuente volcadura de tonel lateral derecho.
- Accidentes de tránsito en cadena, son aquellos accidentes donde participan por lo menos tres vehículos, los que toman contacto uno detrás de otro, en la misma vía de circulación, los vehículos deben estar en el mismo sentido y por lo menos el último que impacta por detrás debe encontrarse en movimiento.
- Accidentes de tránsito especiales, son aquellos en los que las características son totalmente diferentes a las de las tipologías anteriores por lo que no pueden incluirse.

1.2.3- Fases de los accidentes de tránsito

Un accidente de tránsito no se produce instantáneamente, sino que se trata de una evolución que se desarrolla en dos dimensiones: el espacio y el tiempo (Fernández Ordoñez, 2008; Dengo Obregón, 2010; Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012; Cabrera Erazo & Rocano Tenezaca, 2012; Iglesia Pulla, 2013; Ortiz Valverde, 2015). Está compuesto por tres fases, que son:

- ❖ Fase de percepción, es la fase donde cualquiera de los participantes, o usuarios de la vía, percibe un riesgo, conocido como el punto de percepción posible; y así mismo el riesgo es comprendido como peligro, punto de percepción real; juntos se denominan “área de percepción”.
- ❖ Fase de decisión, en esta fase se tiene en cuenta el punto de reacción, como el sitio donde una persona responde al estímulo generado por la percepción del peligro e inicia una valoración rápida de la maniobra a ejecutar para evitar o minimizar el accidente.
- ❖ Fase de conflicto: en esta fase se produce físicamente el accidente, a pesar de realizar alguna maniobra evasiva (frenar o girar), las que si bien pueden reducir la gravedad del accidente no fueron suficientes, adecuadas u oportunas para lograr evitarlo.

En la fase de decisión, se debe prestar atención (Cabrera Erazo & Rocano Tenezaca, 2012; Iglesia Pulla, 2013) al reconocimiento de:

- Punto de reacción: es el sitio donde una persona responde, de forma voluntaria o no, hacia un peligro. Aquí se analiza el tiempo de reacción: durante el breve tiempo de reacción el vehículo recorre una cierta distancia, conocida como distancia de reacción.
- Punto de acción: es el punto donde la persona pone en acción la decisión tomada del peligro.
- Acción evasiva: es la combinación de acciones que efectúa una persona para tratar de evitar el accidente, pueden ser maniobras simples pasivas, simples activas, o de evasión complejas.

En la fase de conflicto, se distinguen tres elementos (Cabrera Erazo & Rocano Tenezaca, 2012):

- Área de conflicto: lugar y tiempo en el que el accidente no pudo ser evitado.
- Punto de impacto: o punto de conflicto, es donde impacta un vehículo contra otro, o con un objeto fijo o atropella al peatón.
- Posición final: es la posición que adoptan los participantes, vehículos y objetos implicados en el accidente luego de los puntos anteriores.

1.3- Causas de los accidentes de tránsito.

Existen tres factores elementales en la producción de accidentes de tránsito: el conductor, la carretera y el vehículo. Estos tres factores están relacionados entre sí, de manera tal que de su adecuada relación y acción depende el índice de accidentalidad de cualquier lugar (Cortéz Díaz, 2007; Yin, 2011; García Depestre et al., 2012; Zhang, 2012; Castillo Guerra et al., 2013; OMS, 2013; Pérez Gutiérrez & Lastre Ramos, 2014).

El factor de mayor incidencia y que se considera como el mayor responsable del origen de los accidentes es el conductor, debido a las negligencias que este comete cotidianamente, siendo el peatón el más vulnerable, pero sin excluirlo de responsabilidad ante este tipo de sucesos.

Referente al factor carretera (Torres Flores, 2012; García Depestre et al., 2012), se valoran tres elementos que están estrechamente relacionados con las causas de la accidentalidad, estos son:

- El diseño geométrico, que contiene causas relacionadas con la sección transversal, distancia a obstáculos laterales, distancia de visibilidad y otros aspectos relacionados con el diseño.
- El tránsito, que agrupa la diferencia de velocidad entre distintos tipos de vehículos, la composición de la corriente vehicular, los niveles de servicio y otros elementos relacionados con el tránsito.
- El estado de los elementos y características superficiales del pavimento, donde se tiene en cuenta los deterioros de la superficie del pavimento, los paseos, señalización tanto horizontal como vertical, la disminución del coeficiente de fricción, la presencia de humedad, irregularidades de la superficie del pavimento y aspectos relacionados con la gestión.

En cuanto al factor vehículo, su incidencia en la accidentalidad se debe principalmente a fallas por mala mantenimiento mecánica del vehículo, fallas provenientes de la antigüedad del vehículo, y al incremento del parque vehicular (Mangosio, 2002; Mutual de Seguridad, 2010; Torres Flores, 2012).

Es necesario y muy importante, además, mencionar los riesgos a los que se enfrenta la actividad humana, riesgos que pueden provocar fallas o errores que conducen a la ocurrencia de accidentes; tales fallas o errores son fenómenos naturales por lo que se hace necesario tratarlos con acciones naturales de carácter técnico, o sea acciones preventivas.

Los riesgos ambientales o del entorno más comunes (Mutual de Seguridad, 2010) son: del clima, de la vía, del tránsito, de visibilidad, del vehículo y del conductor.

Los principales elementos climáticos que pueden ser riesgosos son:

- La lluvia, que puede producir superficies de rodado resbaladizas. Cuando es torrencial deteriora la visibilidad; y cuando se producen charcos, se pueden mojar elementos eléctricos del motor.
- La niebla, que puede afectar seriamente la visibilidad.
- El viento, cuando es muy intenso puede afectar la conducción, principalmente cuando es recibido en sentido lateral al vehículo.

Los riesgos derivados de la vía pueden provenir del trazado (curvas horizontales y verticales), de la clase y estado del pavimento, y de la señalización (incorrecta o inexistente).

Los riesgos derivados del vehículo, como se mencionaba anteriormente, pueden ser por las malas condiciones de este; las fallas están asociadas a un mantenimiento incorrecto, que comprometa la normalidad del motor u otras piezas y accesorios como la dirección, los frenos, los neumáticos, el sistema eléctrico, las luces, etcétera.

En cuanto al tránsito, pueden tornarse situaciones adversas cuando existe congestión vehicular, vehículos lentos o a tracción animal, peatones, ciclistas o animales. El riesgo se incrementa en la conducción nocturna.

Los riesgos derivados del conductor no solo son atribuibles a una acción incorrecta por parte de este, sino que también por situaciones como cansancio, estados emocionales, efectos del alcohol, medicamentos o drogas.

Los riesgos derivados de la visibilidad por luz pueden ser, durante el día: el sol, el humo y factores climáticos; y durante la noche: encandilamiento, mal estado de los focos o alcance insuficiente de ellos, y también factores climáticos como neblina y lluvia.

1.3.1- Tipos de infracciones de tránsito.

Las infracciones de tránsito, según (Herrera & Castañeda Morales, 2010), son las acciones u omisiones que, pudiendo y debiendo ser previstas pero no queridas por el causante, se verifican por negligencia, imprudencia, impericia o por inobservancia de las leyes, reglamentos, resoluciones y demás regulaciones de tránsito.

Las infracciones que pueden provocar la ocurrencia de accidentes de tránsito según (Herrera & Castañeda Morales, 2010) son:

Por conductores de vehículos automotores:

- Conducir un vehículo con propaganda, publicidad o adhesivos en sus vidrios que obstaculicen la visibilidad.
- Llevar niños menores de diez años en el asiento delantero.
- Utilizar radios, equipos de sonido o de amplificación a volúmenes que superen los decibeles máximos establecidos por las autoridades ambientales. De igual forma utilizar pantallas, proyectores de imagen o similares en la parte delantera de los vehículos, mientras esté en movimiento.
- Estacionar un vehículo en sitios prohibidos.
- No reducir la velocidad según lo indicado, cuando transite por un cruce escolar en los horarios y días de funcionamiento de la institución educativa. Así mismo, cuando transite por cruces de hospitales o terminales de pasajeros.
- No utilizar el cinturón de seguridad por parte de los ocupantes del vehículo.
- Dejar de señalar con las luces direccionales o mediante señales de mano y con la debida anticipación, la maniobra de giro o de cambio de carril.
- Transitar sin los dispositivos luminosos requeridos.
- No respetar las señales de detención en el cruce de una línea férrea, o conducir por la vía férrea o por las zonas de protección y seguridad de la misma.
- Conducir a velocidad superior a la máxima permitida.

- No respetar el paso de peatones que cruzan una vía en sitio permitido para ellos o no darles la prelación en las franjas para ello establecidas.
- Transitar en sentido contrario al estipulado para la vía, calzada o carril.
- No detenerse ante una luz roja o amarilla de semáforo, una señal de “PARE” o un semáforo intermitente en rojo.
- Adelantar a otro vehículo en berma, túnel, puente, curva, pasos a nivel y cruces no regulados.
- Conducir realizando maniobras altamente peligrosas e irresponsables que pongan en peligro a las personas o las cosas.
- Conducir un vehículo sin luces o sin dispositivos luminosos de posición, direccionales o de freno, o con alguna de ellas dañada, en las horas o circunstancias que lo indique.
- Conducir en estado de embriaguez o bajo los efectos de sustancias alucinógenas.

Por peatones:

- Invadir la zona destinada al tránsito de vehículos, transitar en esta en patines, monopatines, patinetas o similares.
- Cruzar por sitios no permitidos o transitar sobre el guardavía del ferrocarril.
- Ocupar la zona de seguridad y protección de la vía férrea.
- Subirse o bajarse de los vehículos, estando estos en movimiento, cualquiera que sea la operación o maniobra que estén realizando.
- Dentro del perímetro urbano, el cruce debe hacerse solo por las zonas autorizadas, como puentes peatonales, pasos peatonales y las bocacalles.

Según (Asamblea Nacional de Poder Popular, 2010) en sus artículos 102 y 104, está prohibido a todo conductor de cualquier vehículo:

- Mantener otra posición que no sea la de frente ante el volante;
- Llevar personas encimadas que le impidan la adecuada seguridad o visibilidad en la conducción;
- Mantener menos de 5 metros de distancia por cada 15 kilómetros por hora de velocidad, entre vehículos que circulen uno detrás de otro;
- Usar medios informáticos, de comunicación o audiovisuales que interfieran en la debida atención a la conducción.

- Adelantar a otro vehículo cuando se aproxima o circula por una curva de visibilidad reducida, un cambio de rasante que impida ver la continuación de la vía en el caso de vías de un solo carril de circulación en un mismo sentido, un paso a nivel, en túneles, y en los pasos para peatones (cebra).

Según (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2010) en su artículo 146, está prohibido a los peatones:

- Cruzar una vía entre vehículos parqueados, por delante o por detrás de un vehículo que está detenido o se está deteniendo;
- Formar grupos en las aceras que obstruyan la circulación de otros peatones, o impidan la visibilidad de los conductores en las intersecciones;
- Invadir o permanecer en la calzada de forma tal que obstruya la circulación vehicular.

Según (Alfaro, 2008; APA, 2010; Fleitas, 2010; Mutual de Seguridad, 2010; Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012; Fondo de Prevención Vial, 2012; Mendoza Luna & Chamorro Fuertes, 2015; DIJIN & DITRA, 2016) las causas más probables de ocurrencia de accidentes y que se consideran infracciones son:

- No mantener la distancia de seguridad: conducir muy cerca del vehículo de adelante, sin guardar las distancias previstas por el Código Nacional de Tránsito para las diferentes velocidades.
- Desobedecer señales de tránsito: no acatar las indicaciones de las señales existentes en el momento del accidente.
- No respetar la prelación: no detener el vehículo o ceder el paso cuando se ingresa a una vía de mayor prelación en donde no existe señalización.
- Exceso de velocidad: conducir a una velocidad mayor que la permitida.
- Reverso imprudente: dar marcha atrás de forma rápida sin fijarse o sin utilizar luces de prevención.
- Adelantar cerrando: obstruir el paso al vehículo que va a pasar o al que sobre pasó.
- Embriaguez o droga: cuando se ha llevado a cabo la prueba y se confirma el estado de embriaguez o droga.
- Cruzar sin observar: no mirar a ambos lados de la vía para atravesarla.

- Cambio de carril sin indicación e inadecuado: no utilizar las luces direccionales o señales de mano, con la debida antelación y precaución para cambiar de carril.
- Adelantar en curva o pendientes: adelantar a los vehículos de adelante, en curvas o pendientes, sin tener la debida distancia de visibilidad.
- Poner en marcha un vehículo sin precauciones: arrancar sin respetar la prelación de los vehículos que se encuentran en marcha.
- Arrancar sin precaución: poner un vehículo en movimiento sin observar las debidas precauciones.
- Vehículo mal estacionado: parquear un vehículo parcial o totalmente paralelo o atravesado sobre la calzada.
- Fallas mecánicas de los vehículos: producto a deficiencias en los sistemas de frenos, dirección, luces y suspensión por falta de una revisión técnica por parte de los propietarios.

1.4- Investigaciones de accidentes de tránsito.

Las investigaciones de accidentes de tránsito son las acciones que se realizan para indagar y buscar con el propósito de descubrir relaciones causas-efecto. Estas investigaciones tratan de encontrar todos los factores del accidente con el objetivo de prevenir hechos similares, delimitar responsabilidades, evaluar la naturaleza del hecho y su magnitud, además de informar a las autoridades y al público mediante un informe escrito (Mangosio, 2002; Merino Chamorro, 2010; Mutual de Seguridad, 2010; Erazo Mafla & Paz Jojoa, 2013; Salamanca & Dourthe, 2014; Sierra, 2014; Mendoza Luna & Chamorro Fuertes, 2015; DIJIN & DITRA, 2016).

En este proceso de investigación de accidentes de tránsito, el investigador tiene un papel primordial para obtener los resultados esperados, ya que es la persona que va al lugar de los hechos, recoge información, interroga a los testigos, realiza un informe y en algunos casos emite un concepto técnico a partir de elementos simples como una huella de frenada, o la magnitud de los daños. Es importante que la recolección de evidencias sea correcta ya que cualquier error que se cometa se traduce en resultados alejados de la realidad al realizarse la reconstrucción (Mangosio, 2002; Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012).

1.4.1- Fases de las investigaciones.

Las investigaciones de accidentes según (Mangosio, 2002; Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012) están constituidas por cuatro fases, que son:

1. La recolección de información: esta etapa consiste en obtener información sobre lo ocurrido, por lo que se debe llegar al lugar del hecho lo antes posible con el fin de evaluar la magnitud de los daños, asegurar el lugar y ubicar testigos circunstanciales.

Para lograr este fin se realizan cinco pasos fundamentales:

- Se asegura el lugar mediante vigilancia para poder conservar las evidencias impidiendo que desaparezcan de forma intencional o fortuita.
 - Se buscan evidencias transitorias tales como manchas de agua, huellas, derrame de líquidos u otras.
 - Se toman fotografías por un fotógrafo profesional tratando de hacer entrar en la fotografía algún punto de referencia que permita ubicar el lugar donde fueron tomadas, se hacen mapas para ubicar la zona del accidente y diagramas para indicar la zona afectada o localizar la posición de los lesionados, etcétera.
 - Se procede a recolectar objetos físicos tales como trozos provenientes de roturas o proyectados, en algunos casos se hace necesario tomar muestras de materiales para determinar características físicas y químicas de los mismos, puede ser muestras de aceite o de combustible u otros.
 - Se realizan entrevistas a testigos, que resulta el paso más importante dentro de la recolección de información debido a que la información recolectada a través de estas es muy importante para la investigación.
2. Análisis de los datos: en esta fase se formulan hipótesis a partir de los primeros datos recolectados que conducirán a la búsqueda de datos para su conformación o rechazo. Este proceso de formulación de hipótesis y de búsqueda de datos es ayudado por técnicas analíticas que son el análisis secuencial, que se puede realizar de dos formas: mediante secuencias de transferencia de energía y mediante secuencias de eventos y factores causales; y el análisis por cambios, que tiene seis pasos fundamentales: considerar la situación accidental, establecer una situación similar pero sin accidentes, comparar las situaciones anteriores, establecer todas las diferencias aunque parezcan irrelevantes, analizar las diferencias para encontrar

relaciones entre ambas situaciones, y por último integrar la información en el proceso investigado.

3. Conclusiones: es el resultado que engloba dentro de sí el conjunto de apreciaciones que se realizaron a lo largo del proceso de investigación.
4. Recomendaciones: abarca todos los cambios que deben realizarse para evitar la repetición del accidente, deben ser medidas de orden práctico que si se llevan a cabo se comprobará su efectividad con el paso del tiempo

1.4.2- Obtención de datos.

La obtención de datos se realiza mediante técnicas de recolección de datos tales como: observación, análisis documental, análisis de contenido e interpretación. Mediante cada una de estas técnicas se agrupa y organiza la mayor cantidad de información disponible en cuanto a planos de la vía analizada, estudios realizados sobre señalización vial, auditorías viales y datos de accidentalidad correspondientes de las diferentes entidades responsables (Mendoza Luna & Chamorro Fuertes, 2015).

Una auditoría es un examen formal de una vía, de un proyecto de tránsito o de cualquier proyecto que interactúa con los usuarios viales, en los cuales un examinador independiente y calificado revisa el potencial de accidentes y el comportamiento de la seguridad de los proyectos viales. Tiene como objetivos identificar los problemas de seguridad de los usuarios viales y otros afectados por un proyecto vial, y asegurar que se consideren medidas para eliminarlos o reducirlos. De ellas se obtiene el listado de chequeo y este a su vez contiene elementos como: señalización vertical, señalización horizontal, delineación, semáforos, iluminación, pavimentos, bermas, puentes, túneles, barreras, velocidad y visibilidad, alineación y sección, intersección, usuario vulnerable, estacionamiento y varios (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010; Mendoza Luna & Chamorro Fuertes, 2015).

La información sobre accidentalidad obtenida por parte de la Policía de Carreteras arroja datos como: abscisa, clase de accidente, fecha, hora, hipótesis de accidente, año en el cual ocurrió el evento, vehículos involucrados, gravedad, cantidad de heridos y cantidad de muertos.

Según (SEDESOL, 2000; Cabrera Erazo & Rocano Tenezaca, 2012) la obtención de datos debe realizarse teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en un accidente como son: la vía, el vehículo y el factor humano.

En todo accidente de tránsito quedan una serie de huellas sobre la vía, tales como: restos del vehículo; desperfectos en las señales, vallas protectoras y otros elementos de la vía; marcas en el pavimento como arañazos o rozaduras; y huellas de neumáticos, siendo la más importante la huella de frenado. Este conjunto de huellas son muy importantes porque brindan una idea de cómo sucedió el hecho.

En la recopilación de datos sobre el vehículo, se comienza por una observación inicial del mismo, tanto de su parte exterior como interior, y de igual manera del entorno o lugar donde ha ocurrido el accidente. Luego se hace un reconocimiento preliminar de su estado: la existencia de un neumático desinflado, la velocidad que marcaba, y otras comprobaciones que permitan conocer la responsabilidad que puede tener el vehículo en el accidente.

Los datos que se pueden obtener de una persona implicada en un accidente, además de su testimonio, están relacionados con las heridas que hayan sufrido, lo que aporta el tipo de accidente ocurrido. Otros datos, tales como: restos de ropa y calzado, manchas de sangre, marcas sobre la carrocería del vehículo o en su interior, indican con qué parte del mismo fueron golpeados.

1.4.3- Archivos de accidentes.

Cuando se realiza un reporte de accidentes, es necesario que pueda identificarse la ubicación del accidente, ya sea en una intersección o en un punto a lo largo de un segmento de vía, para que de esta forma tenga utilidad para el ingeniero de tránsito. Algunos de los sistemas de ubicación de accidentes más comúnmente usados (SEDESOL, 2000) son:

- Intersección más cercana: los accidentes son archivados en carpetas que identifiquen la intersección más cercana al punto donde ocurrió el accidente.
- Límites legales de la intersección: son archivados como accidentes en intersecciones aquellos que ocurren dentro de los límites legales de una intersección, o a menos de

treinta metros, de lo contrario son archivados como accidentes a media cuadra, y se identifica la dirección apropiada.

- Regla del medio kilómetro: es igual a la anterior exceptuando la distancia. Generalmente es utilizado en medios rurales.
- Progresiva: también utilizada en zonas rurales, se utiliza la progresiva más cercana al accidente para su ubicación.
- Elementos contribuyentes: toma en consideración la relación directa o no de los accidentes en cada intersección con elementos que pueden contribuir al accidente. Entre estos elementos se pueden incluir equipos de control de tránsito, movimiento de cruce de los vehículos involucrados, peatones en cruces peatonales involucrados en el accidente, cambios abruptos de alineación o problemas de iluminación, etcétera.

1.4.4- Métodos de investigación de accidentes de tránsito.

Según (Mutual de Seguridad, 2010) existen, por lo menos cinco diferentes enfoques metodológicos básicos en la investigación de accidentes de tránsito, incluidos reconstrucción, estadística, modelado, simulación y “*hunt and peck*” (cazar y picotear).

Los **Métodos de reconstrucción**, utilizan los “eventos” deducidos de las pruebas físicas que quedan después del accidente, las entrevistas con testigos y las especulaciones hechas por el investigador para reconstruir la secuencia de los acontecimientos vistos en el accidente. El grado en que estos acontecimientos se descomponen o dividen en sub-eventos queda a juicio de los investigadores.

Los **Métodos estadísticos**, son utilizados para la investigación secundaria, pues necesitan la agregación de varios accidentes para ser llevados a cabo. Incluye la manipulación de datos utilizando reglas estadísticas de procedimiento para identificar las variables determinantes en la ocurrencia de accidentes. Un defecto fatal de estos métodos, desde el punto de vista del investigador, es la falta de tratamiento de las relaciones de tiempo entre eventos.

El **Enfoque modelado**, toma varias formas. Una primera es que se observa una “película mental”, en la que el investigador trata de formar una película, de manera intuitiva, del

accidente en su mente con los datos que se recogen en el accidente. Otra forma son los diagramas de flujo, que describen, de forma gráfica, el mecanismo del accidente o situación en su orden secuencial. Otra técnica utilizada son los modelos a escala, su uso durante la entrevistas les ayuda a los testigos a explicar sus observaciones a los investigadores.

Las **Simulaciones** de choque a reproducir los accidentes de un automóvil, se utilizan para tener una base en el diseño de medidas de seguridad, también se incluyen pruebas de explosiones y recreaciones de escenarios de accidentes similares. Las representaciones se utilizan para obtener datos que permitan comprender lo sucedido, formular hipótesis y comparar resultados.

Cazar y picotear, esta metodología se basa en las ideas y suposiciones de investigador al llegar tarde a la escena del accidente, y aunque no arroja resultados muy confiables, es muy común que sea utilizada para cualquier tipo de investigación.

También existen otras técnicas que apoyan estas metodologías como son: la inspección visual de los residuos, las desviaciones de las normas, deformaciones, análisis dimensional, incluyendo análisis comparativos, las pruebas metalúrgicas, incluyendo microfotografías de granos, los patrones de rendimiento, la fuerza y las pruebas de dureza y las de ductilidad.

1.4.5- Reconstrucción de accidentes de tránsito.

El reconstructor de accidentes de tránsito es la persona con perfil técnico, que utiliza técnicas y métodos, basados en las leyes de la física y que se ayuda con software especializado, que busca establecer cómo sucedió el accidente determina sus causas, y su principal herramienta son los datos suministrados por el investigador en el lugar de los hechos (Valencia Alaix, 2007; Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile, 2003).

La reconstrucción de accidentes de tránsito se basa en el análisis de las evidencias encontradas en el lugar de los hechos; a estas evidencias se le realiza un análisis forense que se basa en: un análisis físico, análisis de la vía, análisis de lesiones-autopsia, análisis

de daños, análisis de versiones y análisis fotogramétrico; también se realiza un análisis jurídico, epidemiológico, de seguridad vial y psicológico, para la toma de decisiones jurídicas y de prevención (Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012).

1.4.6- Fundamentos físicos aplicados a los choques o colisiones.

El choque o colisión, es un proceso en el que durante un tiempo muy corto actúan fuerzas de interacción intensas. Por lo que es posible aplicar la segunda ley de Newton, de manera que la fuerza que ejerce un vehículo sobre el otro elemento (fijo, momentáneamente fijo o en movimiento) va a ser igual al momento lineal del elemento. En caso de que el choque comience en un instante t_1 y acabe en un instante t_2 , integrando la expresión relacionada con la segunda ley de Newton entre esos límites de tiempo, se obtiene que el impulso mecánico va a ser igual a la variación del momento lineal del elemento con el cual se ocasionó el choque (Jacobs et al., 2000; Cueto Medina et al., 2007; Dos Pasos Gómez & Prates Melo, 2007; Ávila Burgos, Medina Solís et al., 2008; Cabrera et al., 2009; Cesán, 2012).

Estos fundamentos son aplicados teniendo en cuenta cuatro restricciones, que son:

- La duración del impacto de los dos cuerpos es pequeña, ambos cuerpos desarrollan entre ellos grandes fuerzas. El período pequeño de duración también tiene un efecto adicional, es decir, cambio en la posición de los centros de masas y cambios pequeños en la orientación angular de los cuerpos.
- Solo se está analizando un impacto; pero en caso de que ocurriera más de un impacto, se deben analizar de forma independiente cada uno.
- Los impulsos de las fuerzas externas, tales como fricción entre los neumáticos y la superficie de contacto, fuerzas de resistencia aerodinámicas, entre otras, son despreciables.
- El impulso vectorial resultante tiene un punto específico de aplicación y dirección. Se considera la hipótesis que la localización del impacto es localizada.

La segunda ley de Newton expresada de la forma impulso-momento, como se analizó anteriormente, no impone ninguna restricción en la duración de tiempo. El tiempo de

duración de las colisiones vehiculares suele ser del orden de 0.1 a 0.2 segundos (Cesán, 2012).

Además de las condiciones anteriores es necesario tener en cuenta, en las colisiones vehiculares la magnitud de este intervalo de tiempo, las grandes aceleraciones causadas por las grandes fuerzas ínter vehicular, los cambios finitos de velocidad y los pequeños desplazamientos.

Por otra parte, y teniendo dos vehículos de masa 1 y masa 2, que se mueven a velocidades 1 y 2 respectivamente, libremente el uno hacia el otro, no existe rozamiento, y aunque actúe sobre ellos la gravedad, la fuerza del peso es contrarrestada en todo momento por la reacción normal del suelo. Se aproximan y chocan, ejerciéndose mutuamente durante el choque fuerzas variables de acción-reacción, iguales y de sentido opuesto (tercera ley de Newton). Se trata de un sistema aislado, por lo que el momento lineal antes del choque va a ser igual al momento lineal después (Cesán, 2012).

Teniendo en cuenta la energía cinética y el momento lineal se tendrán dos tipos de choques:

- Choque frontal elástico: se conserva el momento lineal y la energía cinética.
- Choque perfectamente inelástico: los dos cuerpos quedan en contacto después del choque, con una velocidad común. En este choque solo se conserva el momento lineal.

1.4.7- Reconstrucción de choques y atropellos.

 Reconstrucción de choques.

El procedimiento general para realizar la reconstrucción de un choque entre vehículos (Alba López et al., 2001; Álvarez Mantaras et al., 2005; Hidalgo López, 2005; Limpert, 2005; Muñoz Guzmán, 2007) es el siguiente:

- A. La información necesaria es la siguiente: informe del accidente con su respectivo plano o croquis, experticio técnico de los vehículos con fotografías, dictamen de las lesiones, protocolo de necropsia, versiones con testigos e involucrados.

- B. Se analiza el informe del accidente del lugar de los hechos para determinar las características geométricas, físicas y ambientales y de la vía, hora de ocurrencia, clases de vehículo y edad de los involucrados.
- C. Se analiza el croquis o plano del lugar de los hechos para determinar las evidencias físicas como huellas de frenada, de arrastre, posiciones finales de los vehículos, etcétera; luego se realiza un plano a escala con el fin de encontrar las distancias entre ellas.
- D. A partir de las evidencias es posible establecer el lugar donde ocurrió la colisión, la posición relativa al momento de impacto, así como la distancia recorrida por cada uno hasta la ubicación final.
- E. Se establecen los rangos para parámetros como: velocidad de cada vehículo un instante antes de la colisión, masa de cada vehículo, ángulo de cada vehículo un instante antes de la colisión, ángulo con el cual sale cada vehículo desde la colisión hasta su posición final, y velocidad de cada vehículo un instante después de la colisión. Cada uno de estos parámetros se establecen teniendo en cuenta la clase de vehículo, la víctima, el estado de la vía, los daños, etcétera.
- F. Con las fórmulas correspondientes se calcula el rango para la velocidad de cada vehículo al momento del impacto.
- G. Se determina si existe compatibilidad entre el rango de velocidad de impacto con los daños, de esta manera se controlan los resultados.
- H. De no ser posible determinar el lugar donde ocurrió el impacto, se realiza una exploración de una posible área de colisión, escogida a partir de las evidencias, y con las mismas fórmulas se realiza el cálculo de la velocidad en diferentes puntos para escoger un rango de velocidad para cada vehículo.

Puede utilizarse la técnica de daños; la Ley de conservación de la energía, combinada con la ley de conservación de la cantidad de movimiento.

Reconstrucción de atropellos.

Los principios básicos para la reconstrucción de atropellos parten de la necesidad de determinar la velocidad de impacto entre el vehículo y el peatón, por lo que es preciso primeramente obtener información en la escena del accidente. Los primeros factores a

tener en cuenta para la reconstrucción de un atropello son: el daño en el vehículo, las lesiones del peatón y la distancia de proyección (Muñoz Guzmán, 2007; Cesán, 2012).

Un factor muy importante a tener en cuenta a la hora de estudiar un accidente de atropello es la forma del vehículo, pues esto va a determinar en gran medida la trayectoria post-colisión del peatón. El factor fundamental que se debe analizar es la altura del frontal (altura del suelo a la parte superior del frontal del vehículo). Los perfiles frontales se clasifican de la siguiente manera (Muñoz Guzmán, 2007):

- Frontal plano: el frontal del vehículo es plano y casi vertical.
- Frontal alto: el borde superior del frontal del vehículo está a una altura de 0.55 a 1.05 metros.
- Frontal bajo: el borde superior del frontal del vehículo está a una altura inferior a 0.55 metros.

Teniendo los tipos de perfiles frontales, se tienen entonces los tipos de trayectoria post-colisión de los peatones:

- Transporte: cuando el borde superior del frontal del vehículo es superior al centro de gravedad del peatón; por lo que el peatón es proyectado hacia delante del vehículo. Este tipo de accidentes es típico en vehículos industriales con frontal aproximadamente vertical, atropellos a niños de baja estatura, y cuando el vehículo está acelerando en el momento del atropello.
- Proyección: cuando el borde superior del frontal del vehículo está a la altura o inferior al centro de gravedad del peatón; por lo que este es acelerado hacia delante, y empieza a rotar alrededor de la parte frontal del vehículo.
- Volteo sobre parachoques.
- Volteo sobre el techo o vuelta campana.

En el caso de la trayectoria de volteo en general, ocurre por el contacto del peatón cerca de la esquina del vehículo o puede estar desplazándose rápidamente. Tras ser golpeado, el peatón puede elevarse por encima del capó y salir del lateral del vehículo antes de golpear con el parabrisas (en el caso de volteo sobre parachoques).

El procedimiento general para realizar la reconstrucción de un atropello (Hidalgo López, 2005) es el siguiente:

- A. La información necesaria es la siguiente: informe del accidente con su respectivo plano o croquis, experticio técnico de los vehículos con fotografías, dictamen de las lesiones, protocolo de necropsia, versiones con testigos e involucrados.
- B. Se analiza el informe del accidente del lugar de los hechos para determinar las características geométricas, físicas y ambientales y de la vía, hora de ocurrencia, clases de vehículo y edad de los involucrados.
- C. Se analiza el croquis o plano del lugar de los hechos para determinar las evidencias físicas como huellas de frenada, de arrastre, manchas de sangre, posición final de la víctima y el vehículo, zapatos, etcétera; luego se realiza un plano a escala con el fin de encontrar las distancias entre ellas.
- D. A partir de las evidencias es posible establecer el lugar donde ocurrió el atropello, así como la distancia hasta la ubicación final de la víctima.
- E. Teniendo en cuenta la clase de vehículo, la víctima, el estado de la vía, las lesiones, etcétera, se establecen los rangos para parámetros como: coeficiente de fricción entre el peatón y el piso, coeficiente de fricción entre las llantas del vehículo y el piso, altura del centro de masa del peatón, tiempo de contacto, y tiempo de caída con su fórmula correspondiente.
- F. Se calcula el rango para la velocidad de caída y el rango para la velocidad al momento del impacto.
- G. Se determina si existe compatibilidad entre el rango de velocidad de impacto con los daños del vehículo y las lesiones de la víctima, de esta manera se controlan los resultados.
- H. De no ser posible la determinación del lugar donde ocurrió el atropello, lo que impide determinar la velocidad del vehículo con el modelo de distancia de lanzamiento, el laboratorio cuenta con la experiencia en la determinación de un rango de velocidad a partir de las lesiones de la víctima, su edad, el vehículo y los daños; de esta forma y utilizando la distancia de lanzamiento se establece el área en la vía en la que ocurrió el atropello.

1.4.8- Métodos para estimar la velocidad de impacto.

En el caso de los choques o colisiones (Segura Mojica & Alberto Santana, 2006; Cesán, 2012):

❖ Momento lineal/análisis de energía.

Las fases típicas del momento/energía pueden ser:

- El ingeniero reconstructor debe obtener los pesos de los vehículos. La hipótesis más común es considerar que el peso del vehículo no cambiará apreciablemente durante la colisión.
- Determinar la localización del impacto y la posición final de los vehículos.
- A partir de las evidencias físicas (marcas de neumáticos, cristales rotos, etcétera), se obtiene la dirección de post-impacto.
- Se determinan las velocidades de post-impacto, a través del conocimiento de las deceleraciones y la distancia recorrida hasta detenerse. Esta parte consiste en un análisis de energía, energía disipada.
- En este punto, si se conoce la dirección de ambos vehículos, se pueden resolver las ecuaciones del momento y obtener la velocidad de pre impacto de cada vehículo. Alternativamente, si se conoce la velocidad de llegada y la dirección justo antes del impacto, se puede calcular la velocidad y dirección del segundo vehículo.
- Para cerrar el proceso, se realiza de nuevo un análisis de energía, considerando una deceleración de pre-impacto.

Este método tiene restricciones de uso en algunos casos, como son:

- Colisiones frontales o traseras, pues en estos casos solo puede resolverse para una incógnita, o sea, solo se tiene una ecuación.
- Colisiones con objetos fijos o entre vehículos con diferencias de pesos muy grandes.
- Colisiones donde no pueden obtenerse los valores de las deceleraciones con hipótesis sencillas.
- Colisiones donde no es corta la duración del impacto.

❖ Daños/análisis de la energía.

La premisa básica es que las fuerzas causantes de los daños de la colisión pueden evaluarse analíticamente comparando el perfil de daños del vehículo accidentado con un perfil de deformación producido por pruebas controladas de impacto.

Se hace difícil la aplicación de este método por tres razones fundamentales:

- Las pruebas realizadas son generalmente colisiones frontales contra barreras rígidas ("brick ball"). En las colisiones reales pueden existir perfiles de deformación donde su medida no sea tan evidente como en las pruebas generadas. Los daños producidos en los vehículos no poseen un perfil suave que sea fácil de medir.
- La mayoría de las pruebas testeadas en las colisiones frontales son aproximadamente a una velocidad de 25-55 km/h; y en los accidentes reales pueden aparecer un amplio rango de velocidades y ángulos de impacto. La base de datos para la combinación es muy escasa pues las medidas de áreas más frecuentes son laterales, traseras o frontales.
- Los datos de pruebas de colisiones con vehículos involucrados son casi nulos, y en las colisiones reales, es normal que exista otro vehículo involucrado.

La premisa básica de este método debe ser verificada con una base de datos actualizada.

Otros métodos utilizados son:

- ❖ Análisis de la fuerza centrífuga.
- ❖ Análisis del vuelco.
- ❖ Análisis geométrico.
- ❖ Datos grabados. Videos.

En el caso de los atropellos (Segura Mojica & Alberto Santana, 2006; Cesán, 2012) los métodos utilizados para estimar la velocidad de impacto son:

- ❖ Estimación de la velocidad de impacto a partir de los daños en el vehículo:
 - Daño al vehículo en trayectoria de transporte: a medida que crece la velocidad, crece simultáneamente la extensión de la deformación.
 - Daño al vehículo en trayectoria de proyección: el indicador principal de la velocidad de impacto del vehículo es la localización del segundo impacto de la cabeza.
- ❖ Estimación de la velocidad de impacto a partir de las lesiones de los peatones:
 - La severidad de las lesiones se incrementan con la velocidad de impacto.
 - El impacto inicial peatón-vehículo es más severo que el posterior peatón-suelo.

- ❖ Estimación de la velocidad de impacto a partir de la distancia de proyección: a partir del dato de la distancia de proyección, existen numerosas ecuaciones que permiten estimar la velocidad de impacto o velocidad de proyección del peatón.

Otro método que se puede utilizar, de manera general, es el cálculo de la velocidad a partir del deslizamiento:

La velocidad de impacto se obtiene a través de las marcas de deslizamiento. Con el dispositivo digital colocado en el vehículo se puede ver donde estaba el coche cuando se aplicaron por primera vez los frenos y donde las marcas de deslizamiento empiezan a ser visibles (Muñoz Guzmán, 2007; Cesán, 2012).

1.5- Análisis de accidentalidad. Campo de aplicación.

Las dos consecuencias principales del problema del tránsito lo constituyen la accidentalidad y el congestionamiento. De ellos, el primero es de orden vital y por eso de gran importancia, ya que significa grandes bajas entre la población, por el resultado en muertos y heridos, además de la pérdida económica (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010).

El análisis de la accidentalidad es de vital importancia para corregir de cierta forma los problemas que trae consigo este fenómeno, y se resume a un procedimiento cualitativo de análisis de la información de un accidente de tránsito (Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012).

“Para realizar el análisis de accidentes es necesario llevar a cabo la estadística de accidentes, por la ubicación de los mismos y por las personas físicas y morales que intervienen en ellos. También interesa irlos acumulando de acuerdo con la ubicación para que en cualquier momento se puedan analizar los accidentes de cierto lugar. Se hace necesario además conocer las causas “aparentes o reales” que los provocaron” (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010).

Las estadísticas de accidentes, juegan un papel fundamental en el análisis de estos, pues de estas se deduce cuáles son las rutas que merecen mayor atención, las causas de accidentes que deben contrarrestarse y la magnitud del problema. Para conocer esta última es necesario realizar el cálculo de varios indicadores de accidentalidad que

permiten relacionar el saldo de muertos y heridos proporcionalmente con la población, parque vehicular y kilometraje recorrido. Teniendo en cuenta que la sociedad cubana no se caracteriza por un alto índice de parque vehicular, este cálculo no se realiza en muchas ocasiones, es por ello que los indicadores más utilizados sean respecto a la población.

El análisis de la accidentalidad, conociendo los tipos y las causas de los accidentes, permitirá a las autoridades efectuar una labor preventiva. El estudio de la variación de la frecuencia de accidentes a través del año, permite conocer las épocas, horarios y días de la semana en los que se deben enfatizar labores de vigilancia y los lugares en los que se hace necesario un estudio técnico de la vía.

Si se realiza un adecuado análisis de los puntos más críticos del caso de estudio, se logra una disminución de la frecuencia de accidentes, lo que traería consigo no solo la disminución de pérdidas de vidas humanas y materiales, sino también reducir los daños morales a las personas participantes de este tipo de sucesos que no pierden su vida pero sí sufren daños físicos que los limitan el resto de su vida por las discapacidades físicas que les provocan, e impiden su desenvolvimiento en la sociedad.

1.6- Procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito.

Las estadísticas de accidentes tienen como base la intervención personal del agente de la Ley, en la carretera o calle, traducido en un informe escrito que debe contener todos los detalles del caso (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010).

Estas estadísticas arrojan datos tales como: cantidad de accidentes de tránsito, cantidad de lesionados, fallecidos o daños materiales producto a estos accidentes, la frecuencia con que ocurren, ubicación, entre otros. Con el uso correcto de estos datos recopilados se pueden determinar las causas aparentes, la falla operacional y la magnitud del problema, los cuales serán de gran utilidad en el momento de realizar una labor preventiva. Estas estadísticas permiten además el cálculo de diversos indicadores de accidentalidad ya sea con respecto a la población, al kilometraje de viaje o al parque vehicular, entre ellos: el índice de accidentalidad, índice de morbilidad e índice de severidad o mortalidad.

1.6.1- Cantidad de accidentes de tránsito.

La contabilización de los accidentes de tránsito puede arrojar varios indicadores, dentro de estos se hace énfasis en dos:

- Índice de accidentalidad: Cuando se calcula respecto a la población sirve para establecer comparaciones entre ciudades, entidades políticas o sistemas de carreteras y calles semejantes en la base económica. Se calcula de la siguiente manera:

$$I_{A/P} = \text{No. De accidentes en el año} \times 100\,000 / \text{No. De habitantes} \quad (1.1)$$

Este índice indica el número de accidentes en el año por cada 100 000 habitantes.

Cuando se calcula con respecto al kilometraje de viaje, se utiliza para comparar núcleos de población, entidades, países o carreteras individuales. Representa el número de accidentes por un millón de vehículos-kilómetros de viaje al año. Se calcula de la siguiente forma:

$$I_{A/k} = \text{No. De accidentes en el año} \times 1000\,000 / \text{VK} \quad (1.2)$$

Donde:

$$\text{VK} = \text{TPDA} (365) (L) \quad (1.2.1)$$

Siendo TPDA el tránsito promedio diario anual y L la longitud del viaje.

1.6.2- Lesionados en accidentes de tránsito.

El número de lesionados en accidentes de tránsito permiten obtener el índice de morbilidad, con respecto a la población se tiene que:

$$I_{\text{Morb}/P} = \text{No. de heridos en el año} \times 100\,000 / \text{No. De habitantes} \quad (1.3)$$

1.6.3- Fallecidos en accidentes de tránsito.

El número de fallecidos en accidentes de tránsito permite determinar el índice de mortalidad de los accidentes de tránsito, respecto a la población se tiene que:

$$I_{Mort/P} = \text{No. de fallecidos en el año} \times 100\,000 / \text{No. De habitantes} \quad (1.4)$$

1.7- Prevención de la accidentalidad.

Como inevitable consecuencia de la movilidad, se produce un intercambio de energía cuando un vehículo que posee energía cinética, impacta a otro vehículo, un objeto lateral o un ser humano, en un tramo de vía, produciéndose así un accidente. Si bien es cierto que se pueden tomar medidas para minimizar estas consecuencias, o por lo menos la probabilidad de que un vehículo se vea envuelto en una situación peligrosa, también es muy real que mientras haya movilidad es probablemente imposible erradicar los accidentes. Sin embargo, el objetivo no puede ser realmente eliminar el problema, sino reducirlo a proporciones aceptables y manejables (Mendoza Luna & Chamorro Fuertes, 2015).

Con el objetivo principal de disminuir el número de accidentes, existen diversas formas de prevenirlos por parte de los usuarios de las vías:

- Los peatones deben tener mucho cuidado al cruzar la calle, debe hacerse por las sendas peatonales marcadas en el pavimento y siempre atendiendo a las indicaciones de los semáforos en caso que existan (Echeverry et al., 2005; Loukaitov Sideris, 2007; Rodríguez Hernández & Campuzano Rincón, 2010).
- Los motociclistas deben tener en cuenta el uso del casco constantemente, evitar el zigzagado y transitar a la derecha de la vía próximo al borde de la acera, tratar de conservar el espacio suficiente que les permita ejecutar cualquier maniobra imprevista o una frenada hasta la detención total del vehículo, no deben llevar un mayor número de ocupantes que el establecido, y principalmente deben estar habilitados para conducir ese tipo de vehículo (Iñón & Colaboradores, 2005).
- Los conductores de autos deben tener en cuenta que en el asiento delantero del auto no deben viajar niños menores de 12 años, todos los pasajeros del vehículo deben usar el cinturón de seguridad, deben colocarse las trabas de seguridad de las puertas, no deben conducir bajo los efectos del alcohol, no deben utilizar teléfonos móviles o cualquier otro artefacto que le provoque distracción al conductor, muy importante la revisión del vehículo para asegurarse que las luces, los frenos, los neumáticos u otros elementos estén en buen estado técnico, y por supuesto no viajar a exceso de

velocidad (Iñón & Colaboradores, 2005; García & Pérez, 2007; Rodríguez Hernández & Campuzano Rincón, 2010).

Para actuar de manera preventiva es necesario analizar por qué ocurren los accidentes, para de esta forma eliminar o disminuir el efecto negativo mediante las acciones para contrarrestarlos (Mutual de Seguridad, 2010):

- Las **colisiones por alcance**, ocurren por: la detención repentina del vehículo de adelante, aumentar la velocidad del vehículo que circula detrás, o no señalar correctamente la maniobra a realizar por parte de cualquiera de los conductores de ambos vehículos. Por lo que para prevenirlos es necesario:
 - Estar alerta con el vehículo de adelante.
 - Mantener la distancia de seguridad.
 - Conducir a una velocidad razonable y prudente.
 - Señalizar correctamente la maniobra a realizar.
- Las **colisiones frontales**, ocurren por: invasión del carril de circulación de sentido contrario de manera voluntaria o no, por maniobras incorrectas por parte del conductor tales como giro a la derecha muy abierto o giro a la izquierda en una intersección, por pérdida del control del vehículo ya sea por fallas del mismo o porque el conductor esté drogado, bebido o simplemente se queda dormido. Para prevenir este tipo de accidentes es necesario:
 - Atender permanentemente al tránsito.
 - Conducir siempre a la derecha.
 - Reducir la velocidad en una curva.
 - Conducir a velocidad razonable y prudente.
- **Los choques**, ocurren generalmente por la pérdida de control del vehículo por parte del conductor, también puede ocurrir por la falla en el cálculo de los espacios libres. Para prevenirlos es necesario:
 - Conducir siempre a velocidad razonable y prudente.
 - Mantener el vehículo en buenas condiciones.
 - Conducir en buen estado físico y mental.

- **Los atropellos**, se producen mayormente por la negligencia de los peatones y conductores por no respetar las señales de tránsito. Es necesario, para prevenirlos:
 - Promover la educación de los peatones en cuanto a una conducta segura en el tránsito
 - Los conductores: conducir a una velocidad prudente y razonable.

1.7.1- Planes de acciones para reducir la accidentalidad.

Hablar de “evitar los accidentes” se remonta a un conjunto de medidas que se toman tanto en forma individual como socialmente, a partir de iniciativas para impedir, en la medida de lo posible que acontezcan accidentes o disminuir los efectos dañinos de estos (Pérez Gutiérrez & Lastre Ramos, 2014).

Los planes de acciones deben contener medidas que se estimen necesarias para reducir al mínimo la magnitud de los accidentes, teniendo en cuenta los tres factores fundamentales que influyen en estos sucesos: el hombre, el vehículo y la vía, dentro de estas principales medidas deben estar:

1. Campañas para la educación vial tanto de conductores y peatones, o bien un programa de educación vial oficial para ser impartido en todas las escuelas del país.
2. Ser más rigurosos en el otorgamiento de las licencias de conducción, especialmente en los exámenes médicos y pruebas psicológicas que garanticen que el usuario está en buenas condiciones para conducir.
3. Una inspección vehicular de forma periódica y regular, en la que todos los vehículos sean inspeccionados en períodos regulares dependiendo de su uso y condiciones físicas, de forma tal que se inspeccionen todos los elementos que pongan en riesgo la operación segura del vehículo, principalmente en el sector privado.
4. Existencia de vigilancia en los sitios denominados como “críticos”.
5. Colocación de la señalización y dispositivos de control necesarios en los lugares donde no existan.
6. Reparación de las vías de forma tal que los deterioros existentes en estas no se conviertan en un factor determinante en la ocurrencia de accidentes.
7. Controlar los límites de velocidad, ya sea mediante señales reductoras de velocidad u otras vías.

8. La colocación de pasos peatonales en las intersecciones.
9. Reparación de la infraestructura peatonal en caso que no esté en adecuado estado para la circulación de los peatones.
10. De ser posible, la construcción de puentes peatonales que garanticen el paso de estos de forma segura y eficiente.
11. Actualización tecnológica del sistema de control de accidentes.

1.7.2- Necesidad de un instrumento metodológico para el seguimiento de la accidentalidad en el contexto de la ciudad de Matanzas.

Debido a que la ciudad de Matanzas se encuentra dentro de la trama urbana, los vehículos desarrollan velocidades por encima de la permitida, unido a esto la inexistencia de pasos peatonales en intersecciones, la inexistencia de un separador central, y la deficiencia en muchos casos de señales o dispositivos de control, trae consigo que el cruce de peatones no sea seguro, por lo que están expuestos a la ocurrencia de accidentes de tránsito constantemente.

Es necesario destacar que el análisis de la accidentalidad se realiza siempre posterior al accidente, de manera que ya no puede ser evitado, esto ocurre por la falta de un procedimiento o programa que permita actuar a tiempo. Lo ideal sería realizar acciones proactivas que permitan reducir en gran medida el número de accidentes de tránsito de la ciudad, o sea trabajar de forma preventiva. De ahí la necesidad de un instrumento metodológico para el seguimiento de la accidentalidad en el contexto de la ciudad de Matanzas.

1.7.3- Impacto de la accesibilidad y movilidad urbana en la accidentalidad.

El fenómeno de la accidentalidad está determinado, sin duda alguna por los fenómenos de accesibilidad y movilidad urbana. Del correcto funcionamiento de las condiciones de movilidad y accesibilidad dependerá la disminución, en gran medida de los siniestros del tránsito.

Según (Santos & Rivas, 2008) se entiende por **accesibilidad** la “capacidad de llegar en condiciones adecuadas a los lugares de residencia, trabajo, formación, asistencia sanitaria, interés social, prestación de servicios u ocio, desde el punto de vista de la

calidad y disponibilidad de las infraestructuras, redes de movilidad y servicios de transporte”. Mientras que la **movilidad** es el “conjunto de desplazamientos que las personas y los bienes deben hacer por motivo laboral, formativo, sanitario, social, cultural o de ocio”.

El incremento constante de la movilidad motorizada, o sea, el incremento del parque vehicular, ha producido problemas de circulación entre peatones y vehículos, y problemas de estacionamiento incorrecto, que afectan de manera directa las condiciones de accesibilidad, provocando sucesivamente la ocurrencia de accidentes de tránsito.

En cuanto a la movilidad urbana, existen grupos de personas que presentan mayor vulnerabilidad ante los siniestros del tránsito. Por ejemplo, los jóvenes y adultos que estudian y trabajan respectivamente son más vulnerables debido a que estos realizan más viajes (a sus centros de estudio y de trabajo) fuera de sus residencias; en el caso de las personas de edad avanzada, su vulnerabilidad radica en que se desplazan de forma más lenta que el resto y por lo tanto, el número de muertes más elevado es de peatones; y en el caso de los niños, su participación en accidentes tiende a ser por causa de estar en las calles sin la supervisión de un adulto o si son pasajeros de un automóvil; es necesario incluir además las personas con discapacidades físicas, pues son menos móviles por obvias razones.

Si bien el adecuado funcionamiento de la movilidad y la accesibilidad influyen en gran medida en la ocurrencia de accidentes no deseados, también se debe reconocer el impacto de la accidentalidad en la movilidad y accesibilidad, o sea, de manera inversa. Tras un accidente de tránsito algunas personas pueden morir, otras quedan heridas superficialmente, y algunas quedan totalmente discapacitadas para ejercer la mayoría de las actividades que cotidianamente realizaban; en caso especial estas últimas son las más perjudicadas. Cada vez que ocurre un suceso similar se crea inseguridad en la sociedad, por lo tanto se ve afectada de forma significativa la movilidad de estas personas que diariamente realizaban viajes por necesidad o por recreación.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

1. La accidentalidad es un tema ampliamente abordado en investigaciones relacionadas con los sistemas de transporte, dada la importancia que embiste la prevención de sucesos que traen como consecuencia pérdidas humanas y materiales.
2. Los modelos actuales de análisis de accidentalidad carecen de un enfoque práctico que esté dirigido más a la prevención que al análisis posterior a la ocurrencia de los accidentes e incidentes.
3. Los modelos de gestión carecen de programas preventivos de accidentalidad que reduzcan la ocurrencia de siniestros y por tanto las pérdidas que estos ocasionan.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se definen y describen los métodos de criterios de expertos y herramientas empleados para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad para la Ciudad de Matanzas, así como el procedimiento propuesto para la elaboración de dicho programa.

2.1. Descripción de los métodos y herramientas empleados para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad.

2.1.1. Tormenta de ideas o Brainstorming.

La tormenta de ideas es una técnica de grupo para generar las ideas originales en un ambiente relajado. Este grupo de personas expone las ideas que le surgen, de modo que cada uno tiene la oportunidad de perfeccionar las ideas de otros. Para dirigir el grupo de personas es necesario tener un facilitador y un registrador.

Existen tres tipos de Tormenta de Ideas:

1. **No estructurado o de flujo libre:** los miembros del grupo exponen sus ideas espontáneamente. El registrador anota las ideas a medida que son expuestas.
2. **Estructurado o en círculo:** la diferencia con la tormenta de idea no estructurada es que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado, por ejemplo, de izquierda a derecha. No importa si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante. La sesión continúa hasta que todos los participantes hayan dado su opinión.
3. **Silenciosa o tormenta de ideas escritas:** en este caso, los participantes registran sus ideas en papel en silencio. Las ideas se recopilan y organizan.

2.1.2. Formación del equipo de expertos.

Para la formación del equipo de expertos se deben tener en cuenta diversos factores que influyen de manera directa en el resultado a alcanzar, a continuación se expone cómo realizar el cálculo del índice de experticidad a estos individuos.

2.1.2.1. Cálculo del índice de experticidad.

Un experto es un individuo (grupo de personas u organizaciones), dotado de conocimientos actualizados y habilidades que condicionan un elevado nivel de sus competencias profesionales, para proporcionar criterios valorativos sobre una materia o tema dado; persona a la que se le reconoce una habilidad extraordinaria en una determinada área del saber (Cossio Alonso, 2017).

Los expertos son capaces de ofrecer con un máximo de competencia, valoraciones conclusivas sobre un problema, hacer pronósticos reales y objetivos sobre el efecto, aplicabilidad, viabilidad y relevancia que pueda tener en la práctica la solución que se propone, y brindar recomendaciones de qué hacer para perfeccionarla. En el contexto de la investigación científica moderna un experto debe ser capaz no sólo de evaluar sino, también, de aportar sus experiencias al investigador, al especialista, así como al científico en el momento solicitado.

Es importante destacar la tendencia a considerar a una persona experta a partir de su grado científico. Sin embargo, esta condición no determina la competencia de una persona, por lo que debe determinarse a partir del nivel de calificación que posea en una determinada esfera del conocimiento (Cossio Alonso, 2017).

Los métodos de expertos permiten consultar un conjunto de expertos para validar una propuesta, sustentado en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, etc. (Cossio Alonso, 2017).

Se trata de una técnica cuya realización adecuada resulta de gran utilidad en la valoración de aspectos de orden radicalmente cualitativo. Presenta una serie de ventajas entre las que

destaca la posibilidad de obtener una amplia y pormenorizada información sobre el objeto de estudio y la calidad de las respuestas por parte de los jueces.

En relación con los métodos de recogida de la información brindada, las posibilidades son varias, e incluyen desde los más simples hasta los que implican un alto nivel de estructuración:

- Individual: obtener información de cada uno de los expertos sin que los mismos estén en contacto.
- Grupal: entre estas técnicas se encuentra la nominal y la de consenso, en las que se requiere la presencia de expertos y un nivel de acuerdo, que es mayor en el segundo caso.

También son amplias las posibilidades en relación con los instrumentos de acopio de datos, entre los que se encuentran la recogida de información a través de:

- Cuestionarios
- Entrevistas individuales
- Grupos de discusión
- Listas de características referidas al objeto, aspecto o fenómeno por evaluar

La selección de uno u otro depende tanto del objeto a evaluar como de los objetivos que persigan el evaluador y la facilidad de acceso a los expertos (Cossio Alonso, 2017).

Es necesario señalar que la síntesis, el consenso y la estabilidad del juicio colectivo pueden ofrecer una visión verosímil del futuro, mediante la combinación de la imaginación y el talento individual.

Existe asentimiento en el hecho de que el juicio colectivo es superior a la suma trivial de resultados individuales, ya que la información disponible está siempre más contrastada que aquella de que dispone el participante mejor preparado. De esta manera, el colectivo aporta información sumamente útil, con un balance adecuado entre objetividad y subjetividad (Cossio Alonso, 2017).

Si bien son polémicos el concepto de experto y su clasificación, todavía es más complejo el proceso sistemático de selección, orientación y empleo de los expertos en la investigación científica. Respecto a los criterios de selección de expertos, la literatura muestra algunos tan difusos como la capacidad prospectiva y otros tan pragmáticos como el coste y la proximidad del experto.

Al análisis de estos aspectos suelen asociarse problemáticas de búsqueda de indicadores medibles, especialmente en la elaboración de instrumentos empíricos. El trabajo con grupos de expertos debe estar avalado por su grado de “experticidad”, aspecto que ha sido destacado por varios autores tales como Artola Pimentel (2002), Negrín Sosa (2003) y Parra Ferrié (2005).

La selección de expertos implica un procedimiento cuidadoso que permita la participación de un grupo de personas idóneas en el proceso. Se propone realizarla en tres actividades secuenciales:

a) Determinación del número de expertos: existen diferentes criterios que van desde una cantidad mínima exigible de 7 individuos, hasta un máximo de 50. En la literatura especializada se reportan métodos de cálculo a través de expresiones matemáticas. Algunos investigadores sugieren que la mejora en la predicción de los resultados está originada en la diversidad de conocimientos, más que en el número de expertos. Sin embargo, afirman otros investigadores, que el error en las previsiones realizadas disminuye exponencialmente con el número de expertos añadidos, hasta situarse en valores del 5% como cota superior, para un total de 15 individuos, número a partir del cual dicha disminución es poco significativa. Con base en ello, se considera que el número de expertos adecuado debe ser de 15 o más individuos.

b) Definición de los criterios de evaluación de los expertos o decisores

Para la selección de los participantes en la investigación, se utiliza el procedimiento desarrollado por Artola Pimentel (2002), en el que se destaca el cálculo del índice de experticidad (IE), a partir de la expresión:

$$IE_j = \sum_{j=1}^m w_j \cdot c_j \quad \forall_j = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

Donde:

- **n**: total de expertos propuestos que se valoran
- **w_j**: importancia o peso que se le atribuye a cada criterio para el cálculo del IE
- **c_j**: valores normalizados de las variables $cc_j, ass_j, aep_j, ate_j$
- **cc_j**: coeficiente de competencia para el experto j, se determina por la expresión:

$$CC = \frac{1}{2} (Kc + Ka) \quad (2.2)$$

Donde:

- **Kc**: coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, medida del nivel de conocimientos sobre el tema investigado.

Se calcula sobre la base de la valoración del propio experto acerca del conocimiento o información que considera tener sobre el tema que se le consulta, el cual debe evaluar en una escala de 0 (valor inferior, indica absoluto desconocimiento) a 10 puntos (valor superior, indica pleno conocimiento de la referida problemática). El número seleccionado se divide entre 10 o se multiplica por 0.1 para lograr cierta normalización.

- **Ka**: coeficiente de argumentación o fundamentación, medida de las fuentes de argumentación.

Es determinado como resultado de la puntuación que el propio experto asigna a las principales fuentes de conocimiento en sus respuestas.

Se suministra una tabla con las fuentes indicadas en las filas, en donde cada experto debe señalar el grado de influencia de dicha fuente en sus conocimientos declarados sobre el tema, de acuerdo con los niveles Alto (A), Medio (M) y Bajo (B). Los números constituyen los pesos asignados a cada fuente y aparecen ocultos. Las fuentes de argumentación y los puntos varían de acuerdo con la investigación y el criterio del investigador. Dicha tabla se muestra a continuación:

Tabla 2.1. Selección de los expertos.

<p>Nombre y _____</p> <p>Apellidos: _____.</p> <p>Graduado de: _____.</p> <p>Años de experiencia profesional u ocupacional: _____.</p> <p>Años de experiencia en el sector empresarial de la Ingeniería Vial y el planeamiento urbano _____.</p> <p>Circule el número que se corresponde con el nivel de conocimiento o información que usted considera tener sobre la Ingeniería Vial y el planeamiento urbano. 0: Indica absoluto desconocimiento. 10: Indica pleno conocimiento.</p>										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Por favor, indique el grado de influencia de cada fuente de argumentación en sus conocimientos declarados sobre el tema, de acuerdo con los niveles Alto (A), Medio (M) y Bajo (B). Para ello, debe completar y marcar con una equis (X) cada fila de la tabla.

Fuentes de argumentación o fundamentación	Grado de influencia de las fuentes en sus criterios		
	Alto	Medio	Bajo
Experiencia teórica y/o experimental	0.30	0.20	0.10
Experiencia práctica obtenida en la actividad profesional	0.50	0.40	0.20
Bibliografía nacional consultada	0.05	0.05	0.05
Bibliografía internacional consultada	0.05	0.05	0.05
Conocimiento del estado actual de la problemática en el país y en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

Una vez efectuadas las autoevaluaciones es posible calcular el valor individual de K_a , a partir de la suma de los pesos correspondientes. Si el encuestado marca todas las posibles fuentes de argumentación en el nivel alto, entonces la suma de $K_a = 1$; en cambio, si la marca todas en un nivel bajo, entonces $K_a = 0.50$.

- **ass_j**: años de experiencia en el sector de los servicios ingenieros del experto j
- **aep_j**: años de experiencia profesional u ocupacional del experto j
- **ate_j**: años de trabajo en la empresa del experto j

c) Cálculo del índice de experticidad

- Para procesar la información sobre la experiencia y conocimientos de las personas propuestas, a partir de los criterios de evaluación definidos, se utiliza una tabla programada mediante Microsoft Office Excel, donde se determina el índice de experticidad de cada participante.
- Aunque los métodos de expertos, en la práctica, presentan dificultades propias del trabajo con seres humanos, tales como la valoración subjetiva, la diversidad de puntos de vista sobre un mismo objeto de trabajo, la experiencia y el nivel de conocimiento, entre otros, en particular, el cálculo del índice de experticidad, resulta de gran utilidad y es aplicable a varios escenarios de decisión (Cossio Alonso, 2017).

2.1.2.2. Selección de los expertos

Para seleccionar los participantes en el análisis de las medidas preventivas de accidentalidad, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

1. Aquel decisor para el cual el índice de experticidad (IE) < 0.7 , es desechado como experto.
2. Debe demostrar disposición a participar y tener tiempo real para hacerlo.
3. Debe disponer de capacidad de análisis para comprender la problemática planteada y emitir un juicio confiable, así como capacidad prospectiva para analizar las situaciones que se podrían producir a partir de la aplicación de la solución propuesta.

Los expertos seleccionados, serán consultados ante cualquier necesidad de información o de realización de análisis, así como durante la realización de la investigación durante la aplicación de técnicas grupales que permitan obtener los resultados más veraces posibles.

2.1.3. Método Delphi.

Es un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo.

Consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Por lo tanto, la capacidad de predicción de la Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos.

Número óptimo de expertos: Aunque no hay forma de determinar el número óptimo de expertos para participar en una encuesta Delphi, estudios realizados por investigadores de la Rand Corporation, señalan que si bien parece necesario un mínimo de siete expertos habida cuenta que el error disminuye notablemente por cada experto añadido hasta llegar a los siete expertos, no es aconsejable recurrir a más de 30 expertos, pues la mejora en la previsión es muy pequeña y normalmente el incremento en coste y trabajo de investigación no compensa la mejora.

Este método presenta tres características fundamentales:

1. Anonimato: Durante un Delphi, ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate. Esto tiene una serie de aspectos positivos, como son:

- Impide la posibilidad de que un miembro del grupo sea influenciado por la reputación de otro de los miembros o por el peso que supone oponerse a la mayoría. La única influencia posible es la de la congruencia de los argumentos

- Permite que un miembro pueda cambiar sus opiniones sin que eso suponga una pérdida de imagen.

- El experto puede defender sus argumentos con la tranquilidad que da saber que en caso de que sean erróneos, su equivocación no va a ser conocida por los otros expertos.

2. Iteración y realimentación controlada: La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario. Como, además, se van presentando los resultados obtenidos con los cuestionarios anteriores, se consigue que los expertos vayan

conociendo los distintos puntos de vista y puedan ir modificando su opinión si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos.

3. Respuesta del grupo en forma estadística: La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.

Utilidad del método Delphi:

- ✓ Una de las ventajas del Delphi es la quasi-certeza de obtener un consenso en el desarrollo de los cuestionarios sucesivos.
- ✓ Puede utilizarse indistintamente tanto en el campo de la tecnología, de la gestión y de la economía como en el de las ciencias sociales.

2.1.4. Método Kendall.

Consiste en priorizar los criterios de un grupo de especialistas con conocimientos de la problemática sometida a estudio, de manera que cada integrante del panel vaya ponderado según el orden de importancia que cada cual entienda a criterio propio y así determinar la nomenclatura de las características o causas analizadas. Para ello se requiere de un procedimiento matemático que se basa en la suma de la puntuación para cada característica, mediante la expresión:

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m A_{ij} \tag{2.3}$$

Se halla el coeficiente de concordancia (W) a través de la fórmula siguiente:

$$W = \frac{12 \sum \Delta^2}{m^2(k^3 - k)}, \text{ donde } \Delta^2 = \sum_{i=1}^m (A_i - T)^2 \tag{2.4}$$

- **K:** Número de características.

- **m**: Número de expertos.

Si $W \geq 0.5$, equivale a decir que existe concordancia de criterios entre todos los miembros que conforman el panel de expertos, por lo que el estudio realizado es válido.

Se seleccionan las características que cumplan la condición siguiente:

$$\sum A_i \leq T, \text{ donde } T = \frac{1}{k} \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m A_{ij} \right) \quad (2.5)$$

De acuerdo con este método, se trata de perfeccionar el enfoque colectivo, mediante la crítica recíproca de las opiniones de los especialistas pero de forma aislada, sin contacto entre ellos y manteniendo el anonimato de las opiniones o argumentaciones al defender las ideas. Un aspecto muy importante a tener en cuenta es la validación del conocimiento de los expertos para lograr una alta confiabilidad y concordancia del estudio. Los expertos no deben exceder de 13, ni ser menos de 7.

2.1.5. Procedimiento para la confección del programa preventivo de accidentalidad.

Teniendo en cuenta la no existencia de un plan organizado que permita llevar a cabo un análisis detallado de la accidentalidad, se elabora este procedimiento, que contiene, a consideración de la autora, los pasos más importantes a realizar para determinar el conjunto de medidas a implementar en la ciudad de Matanzas, el cual resultará de gran utilidad para la confección del programa preventivo de accidentalidad. Dicho procedimiento consta de cuatro etapas fundamentales y será de muchísima utilidad en la reducción de la accidentalidad.

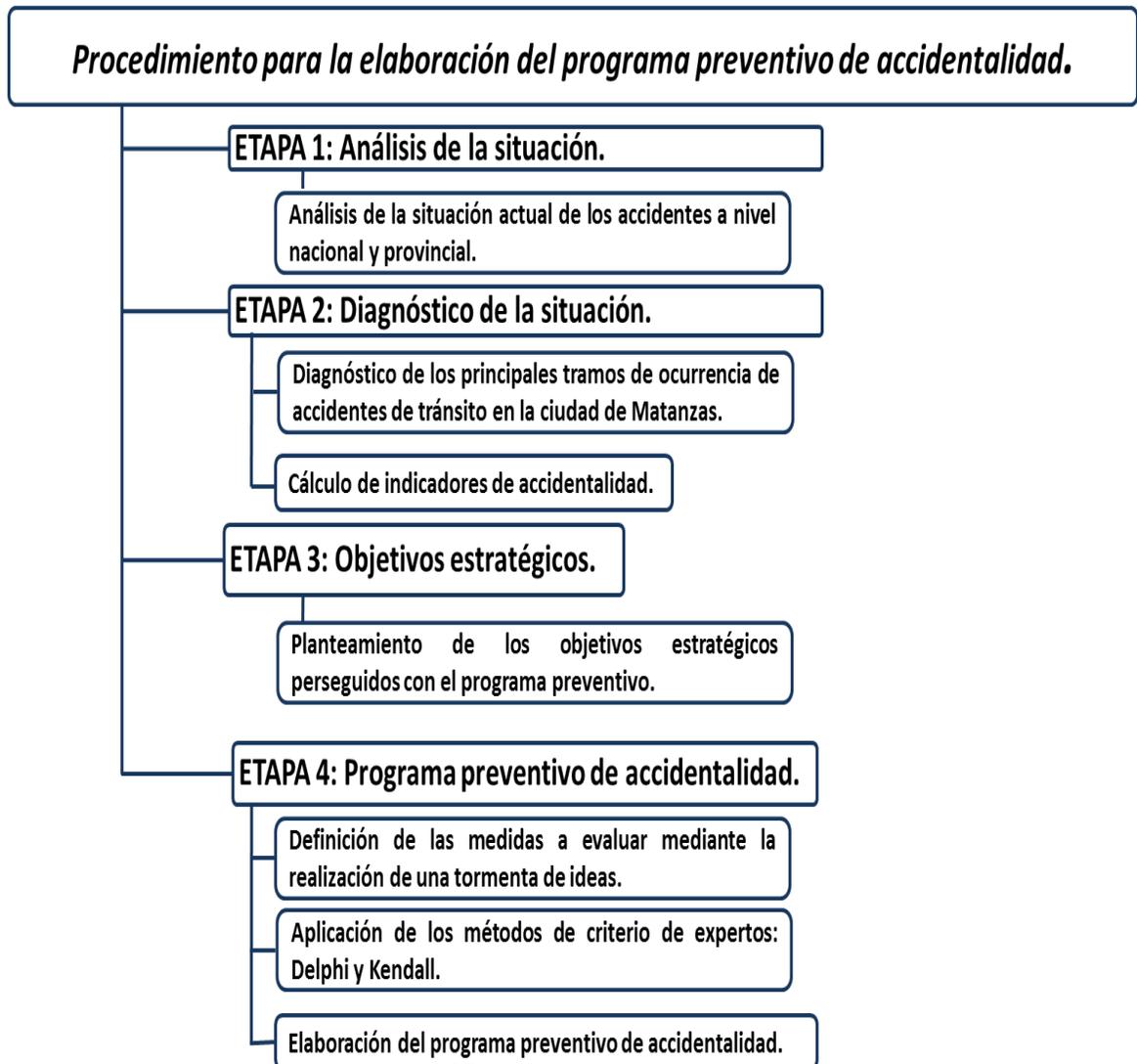


Figura 2.1. Procedimiento para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas.

Fuente: Elaboración propia.

ETAPA 1: Análisis de la situación.

En esta etapa se realiza un análisis de la situación actual de los accidentes a nivel nacional, particularizando la situación de la provincia de Matanzas, de manera que se demuestre la gravedad del tema de forma global. Se muestran datos de accidentes, heridos, fallecidos, pérdidas económicas y causas más comunes.

ETAPA 2: Diagnóstico de la situación.

En esta etapa se realiza un diagnóstico a partir de los datos analizados en la etapa anterior, definiendo los lugares, horarios y días de la semana de mayor peligrosidad en la provincia. Se realiza un diagnóstico para el presente año partiendo de los datos del primer cuatrimestre, de manera que se permitan calcular los indicadores de accidentalidad respecto a la población de la provincia en general, y respecto al kilometraje de viaje para el caso particular de la ciudad de Matanzas.

Para el cálculo de los indicadores se utilizarán las ecuaciones 1.1, 1.2, 1.2.1, 1.3 y 1.4 planteadas en el capítulo anterior. En el caso del cálculo del índice de accidentalidad por vehículos-kilómetros se empleará la ecuación del interés compuesto para determinar el tránsito promedio diario anual:

$$TPDA_0 = TPDA (1+r)^{n-1} \quad (2.6)$$

ETAPA 3: Objetivos estratégicos.

En esta etapa se deben plantear los objetivos estratégicos que se desean cumplir con el programa preventivo que se va a elaborar.

Es necesario fijar un plazo de evaluación de los objetivos estratégicos a través del cálculo nuevamente, de los indicadores hallados en la etapa anterior, para verificar si el programa preventivo de accidentalidad está funcionando correctamente.

ETAPA 4: Programa preventivo de accidentalidad.

En esta etapa queda elaborado de manera definitiva el programa preventivo de accidentalidad. Partiendo de una tormenta de ideas donde se determinarán un grupo de medidas que será sometido posteriormente a los métodos de criterio de expertos Delphi y Kendall consecutivamente, de manera que se evalúen las medidas propuestas y se sometan a votación para determinar la prioridad de cada una, y conformar de manera definitiva el programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas, en función de los objetivos estratégicos definidos en la etapa anterior.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

1. Los métodos de criterio de expertos constituyen una herramienta de gran importancia para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas.
2. Se definieron cuatro etapas para el programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas, que son: análisis de la situación, diagnóstico de la situación, objetivos estratégicos y programa preventivo de accidentalidad.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se aplicarán los métodos y herramientas utilizadas para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad.

3.1. Procedimiento para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad.

Etapa 1: Análisis de la situación.

Los accidentes de tránsito constituyen la quinta causa de muerte en nuestro país. Durante el período 2012-2017 ocurrieron en el país un total de 67 792 siniestros del tránsito, provocando la muerte de 4446 personas y 50 170 lesionados. Como resultado de estos hechos durante el 2017 se estimó que ocurría en el país un accidente cada 47 minutos, un lesionado cada una hora y un fallecido cada 12 horas, según el registro de la Dirección Nacional de Tránsito. Se identifican como las causas principales de estos hechos: la falta de atención al control del vehículo, no respeto al derecho de la vía y exceso de velocidad. La siguiente figura muestra el gráfico correspondiente a las principales causas que más accidentes y víctimas han provocado en el período 2012-2017 en Cuba.

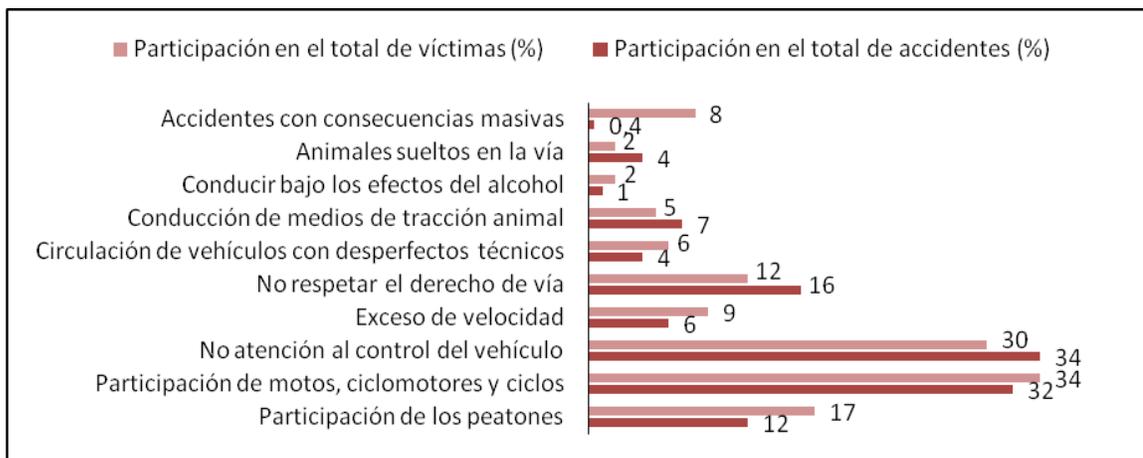


Figura 3.1. Principales causas que más accidentes y víctimas han reportado en el período 2012-2017.

Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia la principal causa aparente de ocurrencia de accidentes se debe a no prestar atención al control del vehículo con un 34 % y un 30 % del total de víctimas, por lo que el programa preventivo debe estar enfocado a este aspecto. Le sigue los accidentes con participación de motos, ciclomotores y ciclos con un 32 % del total de accidentes y un 34 % del total de víctimas; accidentes por no respetar el derecho de la vía aunque en menor proporción, con un 16 % del total de accidentes y un 12 % del total de víctimas, y la participación del peatón con un 12 % del total de accidentes y un 16 % del total de víctimas. El resto de las causas poseen porcentajes menos significativos, no por ello se les debe dejar de prestar atención.

La provincia de Matanzas ocupa el sexto lugar en el país en cuanto al número de accidentes, por lo que está incluida dentro de las provincias de mayor peligrosidad. A continuación se muestra la evolución de los accidentes de tránsito en la provincia de Matanzas desde el año 2005 hasta el año 2016.

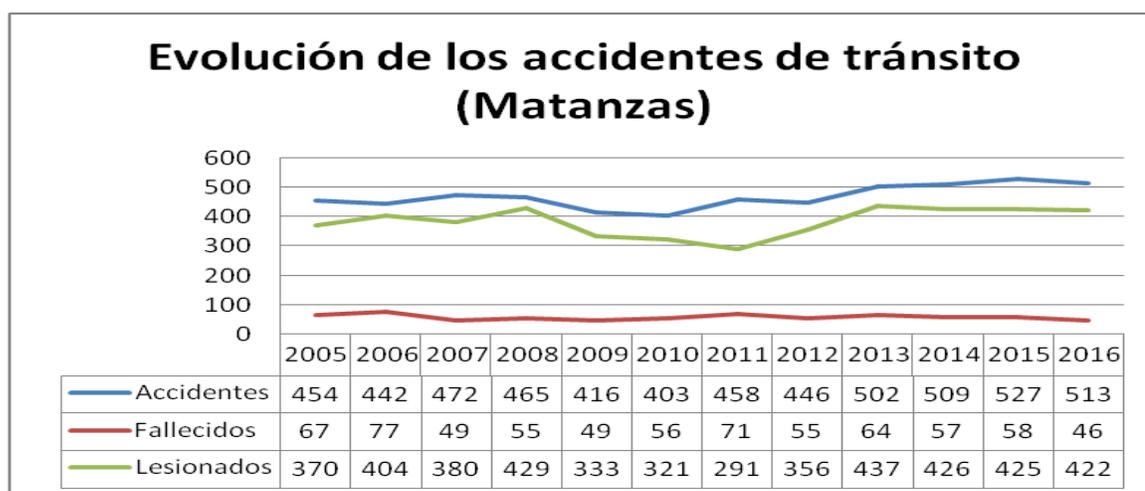


Figura 3.2. Evolución de los accidentes de tránsito en la provincia de Matanzas en el período 2005-2016.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se puede observar que el número de accidentes, de fallecidos y de lesionados estuvo oscilando en ascenso y descenso, de manera que hubo años en los que ocurrieron una mayor cantidad de accidentes con menos fallecidos y lesionados que otros

años en los que disminuyó la cantidad de accidentes y sin embargo se produjeron mayor cantidad de fallecidos y lesionados, como es el caso del año 2006. Finalmente, el año 2016 cerró con un aumento de los accidentes y los lesionados, y una disminución de la cantidad de fallecidos.

En el primer cuatrimestre del presente año (enero-abril/2018), se reportó un ligero incremento de 7,1 % de los accidentes de tránsito con respecto al primer cuatrimestre del año anterior (enero-abril/2017) en la provincia de Matanzas, con un total de 181 hechos para una ocurrencia de 1,5 eventos por día; el número de lesionados también aumentó en un 6,4 % para un total de 140 ciudadanos, es decir un lesionado cada 1,1 días; sin embargo si bien aumentaron las cifras anteriores, no ocurrió lo mismo con la cantidad de fallecidos pues esta se redujo en un 53,8 % a 13 personas, estimándose un ciudadano fallecido cada 9,2 días; la afectación en daños materiales fue de 71 912 pesos. (Ver Anexo 1)

De los 13 municipios que conforman la provincia, solamente en cinco de ellos se agrupa el número de fallecidos total, en la siguiente tabla se evidencian las infracciones cometidas que resultaron causa de los accidentes ocurridos y por ende los fallecidos en cada uno de estos municipios. (Ver Anexo 2)

Etapas 2: Diagnóstico de la situación.

Para realizar el diagnóstico es necesario conocer los tramos de vía en la provincia de mayor peligrosidad, estos tramos identificados en el primer cuatrimestre del presente año son:

- El municipio de Colón por Carretera Central hasta el cruce los Álvarez con 14 accidentes, ningún fallecido y 11 lesionados;
- El municipio el municipio de Matanzas desde la Panchita por Calzada General Betancourt hasta Peñas Altas con 13 accidentes 1 fallecido y 16 lesionados;
- Varadero desde Boca de Camarioca por Vía Blanca hasta la zona semaforizada con 7 accidentes, ningún fallecido y 8 lesionados;

➤ Jagüey por Autopista Nacional con 2 fallecidos.

Entre las causas aparentes más significativas de ocurrencia de accidentes de tránsito en la provincia prevalecen las siguientes: no respetar el derecho de la vía, no atender al control del vehículo, ingestión de bebidas alcohólicas, participación de ciclos, y animales sueltos en la vía. A continuación se muestran la cantidad de accidentes ocurridos por cada una de estas causas.

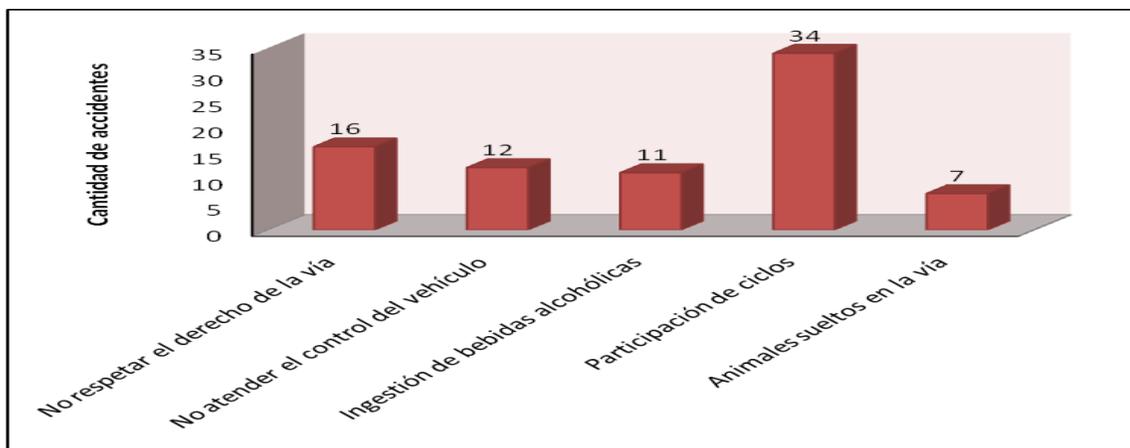


Figura 3.3. Cantidad de accidentes de tránsito por causas en la provincia de Matanzas, período enero-abril del 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se reporta que los horarios de mayor ocurrencia de siniestros están entre las 8:00 de la mañana y las 3:00 de la tarde. En este horario se reportan 8 hechos que representan el 4,1 % del total de accidentes, 5 fallecidos que representan el 38,4 % de las muertes y 56 lesionados que representan el 40 % del total de lesiones.

Los días de mayor ocurrencia de siniestros son los lunes, martes, viernes y sábados, que en general representan el 62 % de los hechos con un total de 114 siniestros, el 30 % de las muertes con una cifra de 4 fallecidos, y el 47,8 % de las lesiones con un total de 67 lesionados. Entre estos los días más peligrosos son martes y viernes con un total de 2 fallecidos y 44 lesionados.

✚ Cálculo de los indicadores de accidentalidad.

Los datos anteriores evidencian las causas aparentes de la ocurrencia de accidentes de tránsito, a partir de las cuales se deduce que la falla operacional dependió en todos los casos de los usuarios de las vías. Una vez obtenido los datos anteriores es necesario determinar la magnitud del problema. Para ello, utilizando las ecuaciones 1.1, 1.3 y 1.4, se calcularon los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad respecto a la población para cada uno de los municipios de la provincia. El cálculo de estos indicadores debe realizarse para el período de un año, teniendo en cuenta que los datos facilitados solamente contemplan el primer cuatrimestre de este año, se realizó un pronóstico conservador estimando los valores para el año completo multiplicando dichos valores por 3 (debido a que el año tiene 3 cuatrimestres), sin tener en cuenta que este cuatrimestre no es el más crítico. (Ver Anexo 3)

De los datos obtenidos se seleccionaron los de mayor interés para el estudio: la provincia de Matanzas de manera global, el triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas, y específicamente la ciudad de Matanzas; los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. *Indicadores respecto a la población de la provincia de Matanzas.*

	Accidentes	Fallecidos	Lesionados	Población	Índice de accidentalidad	Índice de morbilidad	Índice de mortalidad
Ciudad Matanzas	141	3	66	142024	99,28	46,47	2,11
Matanzas-Varadero-Cárdenas	327	18	216	296063	110,45	72,96	6,08
Provincia	543	39	420	719621	75,46	58,36	5,42

Fuente: *Elaboración propia.*

Según el Programa especial de análisis de la salud de América de la Organización Panamericana de la Salud, la tasa media de accidentalidad está en el rango 230-270, la tasa media de morbilidad está entre 90-120, y la tasa media de mortalidad está entre 10-14,9.

Teniendo en cuenta estos rangos y los resultados mostrados en la tabla anterior, se puede decir que la provincia de Matanzas presenta una tasa baja de accidentalidad pues está por

debajo de 230, sin embargo cuando se analiza el triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas se ve que el índice de accidentalidad es mayor que el de la provincia, lo que se traduce a que el 60 % de accidentes, o sea, más de la mitad de los siniestros de la provincia, ocurren en esta zona, y dentro de este triángulo la ciudad de Matanzas en particular, tiene un peso bastante fuerte, pues el número de accidentes ocurridos en la ciudad representa el 43 % del total ocurridos en esta zona.

Con el número de lesionados ocurre de forma similar, la provincia tiene una tasa baja de morbilidad; en este caso el índice de morbilidad del triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas es mayor que el de la provincia, lo que se traduce a que el 51 % de los lesionados están en esta zona, y dentro de este porcentaje la solamente la ciudad de Matanzas tiene el 31 %.

El comportamiento se mantiene con la tasa de mortalidad, esta también es baja. La mayor cantidad de fallecidos se encuentra en el triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas, que representan el 46 % del total, y dentro de este, la ciudad los fallecidos en la ciudad de Matanzas representan el 17 %, lo que quiere decir que en el índice menos crítico de la ciudad es este y por lo tanto el índice de severidad de los accidentes no es tan elevado.

➤ Caso de estudio: ciudad de Matanzas.

Dentro de la ciudad de Matanzas se identificó como tramo de alta peligrosidad: desde la Panchita por Calzada General Betancourt hasta Peñas Altas, donde ocurrieron 13 accidentes con 1 fallecido y 16 lesionados durante el primer cuatrimestre del presente año. Lo que se traduce, manteniendo un pronóstico reservado, en 39 accidentes con 3 fallecidos y 48 lesionados.

En este tramo de vía, al igual que en resto de la provincia, se identifican como causas aparentes o subjetivas: no respetar el derecho de la vía, no atender al control del vehículo e ingestión de bebidas alcohólicas; pero la realidad demuestra las causas reales u objetivas, son las siguientes:

- La composición del tráfico vehicular, el problema radica en que la mayor cantidad de vehículos que circulan por este tramo son pesados, generalmente camiones y ómnibus;
- Los parámetros de la calzada, el principal problema está en que esta no reúne los requisitos para su función de vía multicarril urbana, está compuesta por cuatro carriles de circulación muy estrechos, no sobrepasan los 3 metros y no tienen separador central, los carriles extremos no tienen el ancho efectivo necesario y están afectados por el mal funcionamiento de los colectores los días en que las condiciones climáticas son extremas, lo que provoca que estos se inunden y los vehículos no puedan transitar por ellos, cargando los carriles centrales.

Estos problemas provocan mucho roce entre los vehículos y la carretera; además este tramo divide una zona residencial sur y una zona residencial al norte, por lo que se produce el tráfico de muchos vehículos ejecutando maniobras peligrosas y un alto flujo de peatones que necesitan cruzar la calzada para acceder al transporte público. Este conjunto de factores crea cierta inseguridad vial que se convierte en accidentalidad.

- Los postes de electricidad y alumbrado público, se encuentran al borde del contén, en la mayoría de los casos el ancho entre estos y la cunetilla es menor de 70 centímetros, por lo que se convierten en un obstáculo para los peatones.

Determinadas las causas reales se puede decir que la falla operacional del tránsito depende principalmente de la carretera y los vehículos. Una vez determinadas las causas reales y la falla operacional, se puede determinar la magnitud del problema en este tramo de vía. Para ello se tomó como dato de partida un estudio de 12 horas realizado por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en julio del 2008, en el horario de 7:00 am hasta las 7:00 pm, entre el Servi Cupet de Bellamar y la intersección de Peñas Altas. Los resultados arrojados fueron los siguientes:

- Ingresaron desde la Carretera Central, por la senda norte, hacia Matanzas un total de 3295 vehículos mixtos;
- Ingresaron por Vía Blanca, desde Varadero un total de 4529 vehículos mixtos;

- Ingresaron un total de 7824 vehículos mixtos;
- Salieron desde Matanzas por Vía Blanca, hacia Varadero un total de 4620 vehículos mixtos;
- Salieron desde Matanzas, por Carretera Central un total de 3398 vehículos mixtos;
- Salieron un total de 8018 vehículos mixtos

De los datos obtenidos se puede determinar el tránsito en 12 horas para un día entre semana del mes de julio: 15 842 vehículos mixtos.

$$15\ 842/0,682=23\ 229 \text{ vehículos mixtos/día}$$

$$23\ 229*1,02=23\ 694 \text{ vehículos mixtos/día} \longrightarrow \text{Tránsito Promedio Diario}$$

$$23\ 694*0,95=22\ 509 \text{ vehículos mixtos/día} \longrightarrow \text{Tránsito Promedio Diario Anual}$$

Utilizando la fórmula del interés compuesto (2.6) se obtiene el TPDA del año 2018 para ese tramo de carretera:

$$TPDA_0 = TPDA (1+r)^{n-1} \quad (3.1)$$

- Para el año 2012, con una razón de crecimiento de 2%

$$TPDA_0 = 22\ 509 (1+0,02)^{4-1}$$

$$TPDA_0 = 23\ 887 \text{ vehículos mixtos/día}$$

- Para el año 2014, con una razón de crecimiento de 2,63 %

$$TPDA_0 = 23\ 887 (1+0,0263)^{2-1}$$

$$TPDA_0 = 24\ 515 \text{ vehículos mixtos/día}$$

- Para el año 2016, con una razón de crecimiento de 2,5 %

$$TPDA_0 = 24\ 515 (1+0,025)^{2-1}$$

TPDA₀= 25 128 vehículos mixtos/día

- Para el año 2018 con una razón de crecimiento de 1,5 %

$$TPDA_0 = 25\ 128 (1+0,015)^{2-1}$$

TPDA₀= 25 505 vehículos mixtos/día

Utilizando las ecuaciones 1.2 y 1.2.1 se calcula el índice de accidentalidad respecto al kilometraje de viaje del tramo de carretera de longitud 1,2 kilómetros:

$$I_{A/K} = \text{No. De accidentes en el año} \times 1\ 000\ 000 / VK \quad VK = TPDA_0 (365) (L)$$

$$I_{A/K} = 39 \times 1\ 000\ 000 / 11\ 171\ 190 \quad VK = 25\ 505 (365) (1,2)$$

$$I_{A/K} = 3,5 \quad VK = 11\ 171\ 190 \text{ veh-km}$$

Este valor significa que para el año 2018 ocurrirán 3,5 accidentes por un millón de vehículos-kilómetros de viaje.

Etapas 3: Objetivos estratégicos.

- Disminuir al mínimo los accidentes de tránsito, en el tiempo estimado para nuestro programa preventivo, el cual será medido de acuerdo a los indicadores de resultados seleccionados en el período de un año.
- Disminuir al mínimo el número de víctimas mortales y heridos en un accidente de tránsito.
- Promover acciones de seguridad vial.
- Promover campañas de educación vial para conductores y peatones.

Para cumplir con los objetivos estratégicos propuestos, se necesitan indicadores de resultados que estén ligados a dichos objetivos, estos permitirán saber si las medidas una vez puestas en práctica, están dando resultado y si se está alcanzando las prioridades propuestas, por lo que se recomienda calcular los indicadores hallados en la etapa anterior

en el período de un año, contado a partir de la fecha en que se ponga en práctica el programa preventivo de accidentalidad.

Etapa 4: Programa preventivo de accidentalidad.

Para la elaboración del programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas se utilizaron varios métodos de criterio de expertos; para ello se seleccionaron un total de trece (14) directivos de las organizaciones que intervienen en la gestión de accesibilidad y movilidad. En la tabla 3.3 se exponen los datos del equipo de trabajo.

Tabla 3.3: Nivel de competencia de los integrantes del equipo.

No	Nombre del experto	Kc	Ka	K	Nivel de competencia
1	Ing. Homero Morciego Esquivel.	1	1,00	1	Competente
2	MSc. Ing. Julio Hilario Canito Marrero.	0,8	1,00	0,9	Competente
3	MSc. Ing. Ovidio Rodríguez Rodríguez.	0,9	0,94	0,9	Competente
4	MSc. Ing. Raúl Ramos Lantigua.	0,9	0,80	0,8	Competente
5	MSc. Ing. Pedro Rodríguez Cabrera.	1	0,84	0,9	Competente
6	Capitán José Luis Montenegro Ortega.	1	1,00	1	Competente
7	MSc. Lic. Leonel Pérez Orozco.	0,9	1,00	1	Competente
8	Lic. Mario Luis Moreno de León.	0,8	0,94	0,9	Competente
9	Arq. Idarmis García Rodríguez.	0,9	0,92	0,9	Competente
10	Ing. María Elena González Pérez.	1	0,96	1	Competente
11	Ing. Pascual Árias González.	1	0,78	0,9	Competente
12	Ing. Yuditza Milanés Vázquez.	1	0,82	0,9	Competente
13	Arq. Yasser Balseiro Rodríguez.	0,8	0,94	0,9	Competente
14	Ing. Zenaida Cartaya Rodríguez.	0,90	1,00	1	Competente

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2. Equipo de trabajo.

Nº	Nombre y apellidos	Cargo	Formación profesional	Años de experiencia
1	Ing. Homero Morciego Esquivel	Profesor Asistente, Jefe de Disciplina Diseño y Conservación de Vías de Comunicación.	Ingeniero Civil	45
2	MSc. Ing. Julio Hilario Canito Marrero	Director Técnico, Centro Provincial de Vialidad	Ingeniero Civil	32
3	MSc. Ing. Ovidio Rodríguez Rodríguez	J de Dpto. de Investigaciones, Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, Matanzas	Ingeniero Geólogo	43
4	MSc. Ing. Raúl Ramos Lantigua	Director Técnico y de Desarrollo, Dirección Provincial de Transporte	Ingeniero Mecánico	38
5	MSc. Ing. Pedro Rodríguez Cabrera	Consultor CANEC, Dirección Provincial de Transporte	Ingeniero Industrial	44
6	Capitán José Luis Montenegro Ortega	1er Oficial de Educación Vial y Educación, Dirección Provincial de Tránsito	Oficial MININT	25
7	MSc. Lic. Leonel Pérez Orozco	Conservador de la Ciudad de Matanzas	Licenciado en Educación	35
8	Lic. Mario Luis Moreno de León	Especialista en gestión turística, Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas	Licenciado en Economía	32
9	Arq. Idarmis García Rodríguez	Especialista en planificación urbana, Dirección Provincial de Planificación Física	Arquitecta	36
10	Ing. María Elena González Pérez	Especialista en planificación urbana, Dirección Provincial de Planificación Física	Ingeniera en Planificación Vertical	38
12	Ing. Pascual Árias González	Proyectista de obras viales, Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.	Ingeniero Civil	34
13	Ing. Yuditza Milanés Vázquez	Ing. Principal, Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito	Ing. Civil	10
14	Arq. Yasser Balseiro Rodríguez	Equipo Plan Maestro, Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas	Arquitecto	7
15	Ing. Zenaida Isabel Cartaya Rodríguez	Departamento Técnico, Centro Provincial de Vialidad	Ingeniera Civil	35

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una **tormenta de ideas**, que arrojó como resultado 15 medidas preventivas que se muestran a continuación siguientes:

1- Campañas de seguridad vial a través de la televisión, la radio, la prensa, internet, volantes, afiches, u otros medios, con el objetivo de concientizar y sensibilizar a conductores y peatones.

El objetivo de continuar realizando estas campañas es lograr que los usuarios de las vías tomen conciencia sobre el verdadero peligro que constituyen los accidentes de tránsito en la actualidad, debido a su responsabilidad en la ocurrencia de estos hechos. Las mismas deben estar encaminadas al uso obligatorio del cinturón de seguridad y del casco en el caso de las motos, al peligro que representa la ingestión de bebidas alcohólicas si se está conduciendo, al uso de tecnologías como teléfonos celulares mientras se conduce, en fin a la necesidad de conducir prestando total atención al control del vehículo.

2- Implementación de un programa de educación vial oficial para ser impartido en todas las escuelas de la provincia.

El objetivo de este programa es, de manera conjunta con las campañas de seguridad vial, que desde pequeños se realice un trabajo de concientización y se creen hábitos de buena conducta vial, dicho material didáctico será de acuerdo con el nivel educativo.

3- Existencia de vigilancia en los lugares denominados “puntos negros”.

La esencia de esta medida radica en la colocación de agentes del tránsito en los lugares, en los que ocurren en el período de un año 3 o más accidentes de tránsito, denominados “puntos negros”, fundamentalmente en los meses donde se producen los mayores flujos vehiculares (vacaciones, navidad), estos agentes estarán encargados de realizar controles a todos los vehículos que circulen por el lugar en caso necesario, y de controlar el tránsito vehicular y peatonal.

4- Implementación de un sistema de atención a “puntos negros”.

Esta medida trabaja de manera conjunta con la anterior, y su objetivo principal es implementar un sistema, puede ser con la ayuda de una base de datos, de atención a “puntos negros”, de manera que se realice un análisis periódico (cada tres meses) para identificar los principales problemas que presenta el lugar y que constituyen causa de accidentes, tales como características de la vía y su estado de conservación, señalización correspondiente y dispositivos de seguridad instalados, características de los vehículos

circulantes, entre otros aspectos que permitan actuar a tiempo para evitar que el deterioro de la infraestructura se convierta en causa principal de ocurrencia de siniestros del tránsito.

5- Implementar una base de datos que contenga la información necesaria de los accidentes de tránsito.

El objetivo de esta base de datos es que contenga información de manera directa para poder analizar de forma concreta los accidentes de tránsito a partir del mayor grupo de indicadores posibles (tipo de accidentes, involucrados, características de la vía: red vial, estado de la superficie, clase de vía, superficie de la vía, condición de la calzada, señalización; tipo de vehículo involucrado, zona de impacto, entre otros campos). La justificativa de esta medida radica en que los datos recopilados de estos hechos no son suficientes para realizar un análisis profundo del tema, por lo que esta base de datos facilitará investigaciones próximas, permitiendo obtener resultados más reales.

6- Colocación y conservación de la señalización horizontal y vertical, y dispositivos de control.

El objetivo de esta medida es, fundamentalmente, evitar que la señalización y dispositivos de control lleguen a tal punto de deterioro que no puedan cumplir su función. Aunque la mayoría de los accidentes ocurren en horarios diurnos, el alumbrado de la carretera es muy importante para evitar accidentes nocturnos, por lo que debe incluirse en este punto.

7- Implementación de un Sistema de Comunicación y gestión de la movilidad.

Tiene como objetivo agilizar el tránsito y evitar embotellamiento en los puntos de mayor conflicto.

Esta medida incluye la colocación de pantallas en zonas de conflicto: estas pantallas de mensajería variable buscan regular los límites de velocidad donde se indican los permitidos a los conductores, así como mensajes de advertencia e información vial.

8- Construcción de un intercambiador de tráfico, en la medida de lo posible, en las intersecciones más peligrosas.

Este intercambiador logrará una mayor afluencia de tráfico, y reducción de tiempo al conducirse de un lugar a otro, además presentará todas las seguridades para evitar cualquier tipo de accidente.

9- Implementación de un sistema semafórico computarizado.

El objetivo de esta medida es regular el tránsito, especialmente en las intersecciones más conflictivas, además que permite que no solo el conductor sino el peatón también respete la luz del semáforo mediante la colocación de semáforos peatonales. se recomienda que los semáforos peatonales que sean colocados, se regulen de manera que solo funcionen en los horarios necesarios, de esta manera se evita el congestionamiento y desgaste de los vehículos al tener que reducir la velocidad.

Con base en esta medida, se puede incluir la instalación de semáforos con diferentes tonos de sonido, no solo para alertar a los conductores en el intervalo o fase de luz, sino principalmente para apoyar a las personas con capacidades disminuidas.

10- Uso de radares o cámaras, para el control de la velocidad de los vehículos.

El uso de esta tecnología es fundamentalmente, regular el tránsito y la disminución de los accidentes.

En el caso de los radares, su colocación debe ser en:

- Puntos negros.
- Tramos de accidentes donde la causa sea exceso de velocidad.
- En lugares de fácil instalación tales como: pórticos, cámaras o redes de comunicación, es decir en lugares donde se disponga de energía eléctrica.

Las cámaras, por su parte, permiten grabar todo lo que ocurre en la vía, de manera que será muy útil en investigaciones de tránsito, en la reconstrucción de accidentes, pero también en la captura de hechos delictivos u otras infracciones que no sean captadas por el ojo humano.

11- Colocación de pasos peatonales en las intersecciones.

Esta medida apoya en gran medida al peatón, que es generalmente el usuario más vulnerable en la ocurrencia de accidentes. Con la colocación de estos pasos peatonales se otorgará preferencia a este, y por lo tanto los conductores deberán respetar su derecho al realizar el cruce en una intersección.

12- Reparación o modificación de la infraestructura peatonal.

El objetivo de esta medida es evitar que un deterioro en la infraestructura peatonal se convierta en un obstáculo que conlleve a que el peatón se exponga a ser atropellado.

13- La construcción de puentes peatonales que garanticen el paso de estos de forma segura y eficiente.

La visión de esta medida es lograr que los peatones circulen de forma segura, sin exponerse al contacto con el tráfico vehicular.

14- Implementación de vías para ciclistas.

Las vías para ciclistas permitirán la reducción del número de accidentes con la participación de ciclos, permitiendo la circulación de estos de manera segura y eficiente.

15- Implementación de sistemas de seguridad de los vehículos.

Esta medida está encaminada a la colocación de sistemas de seguridad del vehículo tales como: bolsas de aire, delanteras, traseras y laterales, cabeceras, entre otros; de manera que al tener un accidente de tránsito sus consecuencias se reduzcan.

Las 15 medidas anteriores se sometieron primeramente al método **Delphi** obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3.4. Resultados del método Delphi.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
E2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
E3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
E4	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
E5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
E6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
E7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
E8	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
E9	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
E10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E11	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
E12	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
E13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
E14	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Contar	14	14	14	10	10	13	11	10	12	14	8	11	9	13	6
Δ	1	1	1	0,71	0,71	0,93	0,79	0,71	0,86	1	0,57	0,79	0,64	0,93	0,43

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

- E: experto
- 1...15: medidas preventivas
- 1: sí considero
- 0: no considero
- Contar: parte positiva (cantidad de sí considero)
- Δ : Contar/total de expertos
 - Si $\Delta \geq 0,5$: se queda
 - Si $\Delta < 0,5$: no se queda

Los resultados arrojados por método demuestran que todas las medidas excepto la número 15 al tener un valor de Δ mayor que 0,5 se quedan. En el caso de la medida número 11, los expertos decidieron que debe unirse al número 6 pues está referida a la señalización horizontal, de igual manera decidieron que las medidas 3 y 4 se deben unir en una que abarque ambas, por lo tanto, el grupo de medidas que será sometido al método del coeficiente de Kendall estará compuesto por las doce resultantes.

Método del Coeficiente de Kendall:

Los expertos, basados en las causas reales de los accidentes de tránsito, en la magnitud del problema y en los objetivos estratégicos, ponderaron las medidas resultantes del método anterior, lo que permitió calcular el coeficiente de concordancia de Kendall (Tabla 3.5) y reducir de 12 a 9 medidas relevantes.

Tabla 3.5. Método Kendall para la selección de medidas relevantes en la reducción de la accidentalidad.

Medidas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	Ai	Δ	Δ_2	W
M1	1	3	1	3	3	1	5	1	1	5	1	1	1	1	28	30,25	915	1,5
M2	1 1	1 1	1 0	1 1	1 1	1 0	1 1	1 1	1 1	10	10	10	11	11	149	10,26	105,3	
M3	3	1	9	9	1	3	3	5	3	1	3	3	5	12	61	148,4	22021	
M4	4	5	3	5	0	2	0	3	4	3	9	5	3	4	80	128,9	16612	
M5	1 0	4	4	0	5	5	4	4	5	9	5	4	10	5	84	84,24	7096	
M6	1 2	1 2	1 1	1 2	1 2	1 1	1 2	1 2	1 2	11	11	11	12	10	161	13,73	188,5	
M7	9	9	8	8	9	8	8	0	0	12	12	12	9	9	133	35,12	1233	
M8	8	1 0	6	1	4	4	1	9	9	8	4	8	8	3	83	123,1	15157	
M9	6	7	5	6	2	6	7	8	2	5	8	6	6	7	81	46,44	2157	
M10	2	6	7	4	6	7	6	2	6	4	2	9	4	8	73	68,05	4631	
M11	7	8	2	2	7	4	7	9	8	6	7	7	2	6	82	75,85	5753	
M12	5	2	1 2	7	8	7	9	7	7	2	6	2	7	2	83	121,1	14669	
															1098		90539	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta de manera definitiva el Programa Preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas:

- 1- Campañas de seguridad vial a través de la televisión, la radio, la prensa, internet, volantes, afiches, u otros medios, con el objetivo de concientizar y sensibilizar a conductores y peatones.
- 2- Implementación de un Sistema de Atención y Vigilancia en “puntos negros”.

- 3- Implementar una base de datos que contenga la información necesaria de los accidentes de tránsito.
- 4- Colocación y conservación de la señalización horizontal y vertical, y dispositivos de control.
- 5- Implementación de un sistema semafórico computarizado.
- 6- Uso de radares o cámaras, para el control de la velocidad de los vehículos.
- 7- Reparación o modificación de la infraestructura peatonal.
- 8- Construcción de puentes peatonales.
- 9- Implementación de vías para ciclistas.

Al programa anterior, la autora recomienda de manera adicional para el caso particular del tramo de la Calzada General Betancourt desde La Panchita hasta Peñas Altas, las siguientes acciones a implementar a corto, mediano y largo plazo:

- 1- Realizar intervenciones como: mejorar sus nudos viales, sus radios de giro debido a que los vehículos tienen que detener la marcha porque la velocidad de giro es muy lenta.
- 2- Realizar un análisis de la ubicación de las paradas de bolsillo y del estado del pavimento sobre el cual los ómnibus deben detenerse para recoger a los pasajeros.
- 3- Realizar una refuncionalización de la vía, debido a la heterogeneidad de los vehículos, en su mayoría pesados; de manera que se realice un estudio del crecimiento del flujo vehicular y su compatibilización con el estado de la carretera, extraer todos los vehículos que no necesiten obligatoriamente transitar por esa vía, y solamente permitir el tráfico de los ómnibus, los autos de turismo y los vehículos pesados que deben abastecer los centros comerciales de la zona. Como resultado es necesario buscar funcionalizar otra vía para el tráfico de los vehículos que fueron extraídos.
- 4- Realizar un análisis particular de los centros generadores de tráfico hacia esa zona tales como: industrias, terminales, bases de ómnibus, entre otros, y realizar una proyección para reubicar esos centros fuera de ese espacio, y en caso que alguno deba quedarse, restringir el acceso a este.

- 5- Los vehículos pesados a los que se autorice transitar por esta zona deben poseer la Carta Porte de circulación por esta vía que lo justifique, o al menos alguna documentación similar asignada por el Ministerio del Transporte.
- 6- Concretar las investigaciones del nudo de Peñas Altas para concluir la documentación de inversiones que permita la construcción de un nudo vial eficiente, por la importancia capital que tiene para toda la ciudad no solo para este vial.

CONCLUSIONES

1. La autora después de consultar las diversas fuentes bibliográficas actualizadas analizó detalladamente los modelos más modernos de análisis de accidentalidad, lo que permitió puntualizar en las herramientas más utilizadas a nivel internacional incorporándole un enfoque práctico dirigido más a la prevención que al análisis posterior de la accidentalidad.
2. La investigación logró demostrar con la aplicación de las herramientas científicas más avanzadas que en la ciudad de Matanzas no se utilizan estas para el análisis de la accidentalidad y que carecen de un enfoque práctico que esté dirigido más a la prevención que al análisis posterior a la ocurrencia de los accidentes e incidentes y los factores de riesgo predominantes.
3. Para dar un enfoque integral y práctico el programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas se concibió con cuatro etapas que son: análisis de la situación, diagnóstico de la situación, objetivos estratégicos y programa preventivo de accidentalidad.
4. Fue elaborado el programa preventivo de accidentalidad en la Ciudad de Matanzas que contiene el conjunto de medidas enfocadas a los principales problemas detectados durante la investigación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito implementar el programa preventivo de accidentalidad en la ciudad de Matanzas, con el fin de disminuir la magnitud del problema.
2. Recomendar a las entidades involucradas en la temática de la Seguridad Vial tales como: Comisión Provincial de Seguridad Vial, PNR, Ministerio del Transporte, Gobierno y otros como la Universidad de Matanzas continuar estas investigaciones a partir de este trabajo de diploma, para profundizar en la problemática de la accidentalidad y su proyección hacia el 2030.
3. Recomendar a la Universidad de Matanzas y otras entidades involucradas analizar de manera particular la compleja situación que presenta la Calzada General Betancourt en el tramo desde La Panchita hasta Peñas Altas para la concreción del conjunto de medidas a implementar en diferentes etapas para la solución definitiva de esta problemática.

BIBLIOGRAFÍA

1. García Depestre, R. A., Delgado Martínez, D. E., Díaz García, E. E., & García Armenteros, R. R. (2012). *Caracterización de la accidentalidad vehicular y análisis de las causas en la provincia de Villa Clara*.
2. (SEDESOL), S. d. (2000). *Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas*. México.
3. Alba López, J. J., Iglesia Pulla, A., & Araguas Vinao, J. (2001). *Accidentes de tráfico: Introducción al análisis de deformaciones*. Zaragoza: Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico de la Universidad de Zaragoza.
4. Alfaro, D. (2008). Problemática sanitaria y social de la accidentalidad del transporte terrestre. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*.
5. Álvarez Mantaras, D., Luque Rodríguez, P., & González-Caruajal García, J. M. (2005). *Investigación de accidentes de tráfico. La toma de datos*. Madrid: Thomson-Paraninfo editores.
6. APA, A. P. (2010). Ethical principles of psychologists and code of conduct. *American Psychologist*.
7. Ávila Burgos, L., Medina Solís, C. E., & autores, o. (2008). Prevalencia de accidentes de tránsito no fatales en México: resultados de la ENSANUT 2006. *Salud Pública México*.
8. Bastidas Espitia, J. A., & Quintero Aycardi, M. (2012). *Análisis causal multinivel de accidentes de tránsito en la ciudad de Cúcuta*.
9. Botella Plana, A., Muñoz Bollas, A., Rodríguez Lloret, J., Olivella González, R., & Olmedillas Hernández, J. C. (2011). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática*. UOC.
10. Cabrera Erazo, M. F., & Rocano Tenezaca, D. (2012). *Propuesta técnica para la disminución de los accidentes de tránsito dentro del Cantón Cuenca desde el punto de vista humano-vehículo-equipamiento ambiental*. Cuenca, Ecuador.
11. Cabrera, A. G., Velázquez, O. N., & Valladares, G. M. (2009). *Seguridad vial, un desafío de salud pública en la Colombia del siglo XXI*.
12. Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. (2010). *Ingeniería de tránsito*. México: Alfaomega.
13. Camargo Martínez, S. (2012). *Metodología para el análisis de la seguridad vial en sitios críticos de la ciudad de Barranquilla*. Barranquilla, Colombia.
14. Castillo Guerra, D. M., Herrera Bolaños, R. A., & Muñoz Abril, J. A. (2013). *Análisis de los factores que inciden en los accidentes de tránsito del servicio de transportación pública interprovincial en el Ecuador*. Guayaquil, Ecuador.
15. Cesán, V. (2012). *Análisis de los accidentes de tránsito en la provincia de La Pampa en el período 2000-2004*. Argentina.
16. Chile, C. N. (2003). *Ficha No. 55: Investigación vial de accidentes*. Chile.
17. Córdova Guzmán, L. A., & Paucar Flores, C. R. (2014). *Análisis de los indicadores de seguridad vial para la disminución de accidentes de tránsito en el Ecuador*. Cuenca.
18. Cortéz Díaz, J. M. (2007). *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales*. Madrid, España.

19. Cossio Alonso, I. M. (2017). *Procedimiento metodológico para el análisis y mejora del mapa de procesos existente en la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI) de Matanzas*. Matanzas, Cuba.
20. Cueto Medina, A., & autores, o. (2007). Comportamiento epidemiológico de la mortalidad por accidentes de tránsito en el ISMM en el período 2004-2005. *Revista cubana de medicina intensiva y emergencias* , 1-6.
21. Dengo Obregón, J. (2010). *Plan Nacional de Seguridad Vial*. Gobierno de Costa Rica.
22. DIJIN, & DITRA. (2016). *Caracterización de la accidentalidad en Colombia. Análisis del fenómeno desde el estudio del Factor Humano*. Bogotá, Colombia.
23. Dos Pasos Gómez, L., & Prates Melo, E. (2007). *Distribución de la mortalidad por accidente de tránsito en la ciudad de Río de Janeiro*. Río de Janeiro, Brasil.
24. Echeverry, J., Villota, J., & Zarate, C. (2005). *Actitudes y comportamientos de los peatones en los sitios de alta accidentalidad en Cali*. Cali, Colombia.
25. Erazo Mafla, C. J., & Paz Jojoa, S. (2013). *Estudio de la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes para la evaluación de la consistencia del tramo de vía comprendido entre los sectores El Tambor, Caba Negra, Catambuco y la salida sur de la ciudad de Pasto kilómetros del 68 al 8*. Nariño.
26. Fernández Ordoñez, H. O. (2008). *Plan Nacional de Seguridad Vial*. República de Paraguay: FAEC.
27. Fleitas, D. (2010). *Accidentes de tránsito en Argentina* .
28. García, A., & Pérez, A. (2007). *The economic cost of traffic crashes in an urban setting*.
29. Herrera, B. E., & Castañeda Morales, F. (2010). *Manual de Infracciones*. Colombia.
30. Hidalgo López, F. J. (2005). *Accidentes de tráfico "Reconstrucción"*. Sevilla, España.
31. Iglesia Pulla, A. (2013). *Propuestas de mejora en la investigación de accidentes de tráfico en España* . Zaragoza, España.
32. Iñón, A. E., & Colaboradores. (2005). *Manual de prevención de accidentes*. Argentina: FUNDASAP.
33. Jacobs, G., Aeron-Thomas, A., & Astrop, A. (2000). *Estimating global road fatalities*.
34. Jiménez, M., & Sarmientos, I. (2011). *Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico en un corredor vial semaforizado. Aplicación a la ciudad de Medellín*. Medellín, Colombia.
35. Limpert, R. (2005). *Motor vehicle reconstruction and analysis*. Michi-Company, EE.UU.
36. Loukaitov Sideris, A. (2007). Death on the Crosswalk: A study of Pedestrian-Automobile Collisions in Los Angeles . *Journal of Planning Education and Research* .
37. Machado Riveros, A. A., & Otálora Hernández, D. F. (2015). *Análisis de la accidentalidad por medio de un S.I.G (Sistema de Información Geográfica) en la vía Bogotá-La Vega (k 0+000- k 22+000)*. Bogotá, Colombia.
38. Mangosio, J. (2002). *Investigación de accidentes*. Argentina.

39. Mendoza Luna, M. A., & Chamorro Fuertes, W. R. (2015). *Evaluación de la seguridad vial y accidentalidad en la ruta 2501, tramo PR 45+000- PR 83+000, Ipiales-Pasto (Nariño)*. San Juan de Pasto, Colombia.
40. Merino Chamorro, L. A. (2010). *Propuesta del modelo de evaluación para la inspección visual de los dispositivos de seguridad vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial ruta 2501 de la troncal de Occidente desde PR 5+000 al PR 83+000 sector Ipiales-Pasto*. Nariño.
41. Mikulik, J., & others. (2007). *Road accident investigation guidelines for road engineers*.
42. Muñoz Guzmán, T. (2007). *Cálculo de la velocidad en la investigación de accidentes de tráfico*. España.
43. OMS, O. M. (2013). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*.
44. Ortiz Valverde, J. R. (2015). *Investigación de accidentes de tránsito*.
45. Pérez Gutiérrez, E. A., & Lastre Ramos, J. M. (2014). *Evaluación de puntos críticos de accidentalidad en la ciudad de Sincelejo*. Cartagena, Colombia.
46. Popular, A. N. (2010). *Ley 109*. La Habana, Cuba.
47. Rodríguez Hernández, J. M., & Campuzano Rincón, J. C. (2010). Medidas de prevención primaria para controlar lesiones y muertes en peatones y fomentar la seguridad vial. *Revista de Salud Pública de México* , 497-509.
48. Sabey, B., & Staughton, G. (1979). *Interacting roles of road environment, vehicle and road user in accidents*. London, England.
49. Salamanca, J., & Dourthe, A. (2014). *Guía para realizar una auditoría de seguridad vial*. Santiago de Chile: CONASET.
50. Santos, L., & Rivas, J. L. (2008). *Ciudades con atributos: Conectividad, Accesibilidad y Movilidad*.
51. Segura Mojica, P., & Alberto Santana, W. (2006). *Física aplicada a la reconstrucción de accidentes de tránsito para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre sí*. Nicaragua.
52. Seguridad, M. d. (2010). *Prevención de riesgos de tránsito*.
53. Sierra, F. (2014). *Caminos más seguros: guía para ingeniería de seguridad vial*. Buenos Aires: AVEBURY.
54. Torres Flores, J. A. (2012). *Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en el análisis cuantitativo de conflictos entre vehículos*.
55. Valencia Alaix, V. G. (2007). *Ingeniería de tránsito. Guía de clase*. Medellín, Colombia.
56. Vial, F. d. (2012). VII Encuentro Nacional de Secretarios y Autoridades de Tránsito: Década de Acción por la Seguridad Vial. *Memorias del evento*.
57. Yin, S. (2011). *The research of accidents in henan in province based on the human factors engineering*.
58. Zhang, J. (2012). *Specificity analysis of safety enhancement for rural roads in China*.

ANEXOS

Anexo 1: Accidentalidad en la provincia de Matanzas en el período Enero- Abril del 2018.

Municipios	Accidentes	Fallecidos	Lesionados
Matanzas	47	1	22
Cárdenas	62	5	50
Martí	1	0	2
Colón	24	0	18
Perico	8	0	6
Jovellanos	12	3	7
Pedro Betancourt	2	0	1
Limonar	5	0	5
Unión de Reyes	4	0	3
Ciénaga de Zapata	2	1	5
Jagüey	11	3	18
Calimete	3	0	3
Los Arabos	0	0	0
TOTAL	181	13	140

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Infracciones como causa de muerte en la provincia de Matanzas en el período enero-abril del 2018.

Municipio	Lugar	Mes	Hora	Fallecidos	Infracciones
Matanzas	Calzada General Betancourt y Peñas Altas	Abril	3:30 pm	1	Artículo 145 Inciso 4.
Cárdenas	Calle Sáez y Minerva	Enero	5:30 pm	1	Artículo 78 Inciso 1.
	Calle Spriu y Velázquez	Febrero	8:00 am	1	Artículo 145 Inciso 1.
Varadero	Autopista Sur y Calle 30	Febrero	10:40 am	1	Artículo 102 Inciso 4.
	Carretera final los pinos Boca de Camarioca	Marzo	3:15 am	1	Artículo 93 Inciso 2.
	Autopista Sur y Calle 54	Marzo	9:45 am	1	Artículo 145 Inciso 4.
Jovellanos	Carretera Granma Yaguajay	Enero	8:40 pm	1	Artículo 65 inciso 2.
	Carretera Coliseo-Cárdenas	Marzo	9:00 pm	1	Artículo 65 inciso 1.
	Carretera Central Avenida No. 2	Marzo	1:30 pm	1	Artículo 145 inciso 4.
Ciénaga de Zapata	Carretera Playa Larga-Girón entre el Obelisco y la torre de telecomunicaciones	Marzo	2:00 am	1	Artículo 93 inciso 8.
Jagüey	Km 150 de la autopista nacional	Febrero	5:00 am	2	Artículo 93 inciso 8.
	Carretera Crimea a la Isabel entronque g-2	Abril	5:20 pm	1	Artículo 77 inciso 5.

Fuente: Elaboración propia.

Los artículos mencionados anteriormente contemplados en la Ley 109 del 2010 son:

Artículo 65.- El conductor de cualquier vehículo, al circular por una vía urbana o rural está obligado a:

Inciso 1) transitar de acuerdo con el sentido de circulación señalado en la vía de un solo sentido de dirección;

Inciso 2) transitar por el lado derecho del eje central de la vía de acuerdo con el sentido en que circule, en vías de doble sentido de dirección;

Artículo 77.- Toda persona que conduce un vehículo por una vía, al realizar cualquier maniobra está obligada a accionar las señales de luces de frenado, de marcha atrás, las direccionales e intermitentes, mecánicas o eléctricas del vehículo, o en su defecto, las de brazo correspondiente, ajustándose a las reglas siguientes:

Inciso 5) hacer una señal para cambiar la senda o carril no concede derecho de vía sobre aquellos que circulan por la que pretende incorporarse, en todos los casos debe cerciorarse antes de efectuar la maniobra que no ocasiona interferencias a la circulación, ni da lugar a un accidente;

Artículo 78.- El conductor de cualquier vehículo al circular, incorporarse o cruzar una vía, está obligado a:

Inciso 1) detener la marcha ante la señal de “PARE”, cualesquiera que sean las circunstancias de visibilidad, dándole la prioridad a los vehículos que circulan por la vía transversal;

Artículo 93.- Se prohíbe al poseedor legal o persona encargada por cualquier concepto de un vehículo, conducir o permitir que otro conduzca:

Inciso 2) un vehículo de uso personal bajo los efectos del alcohol en niveles que, conforme a los parámetros establecidos por el Ministerio de Salud Pública, ponen en riesgo o afectan su capacidad para conducir;

Inciso 8) enfermo o agotado, que pueda constituir una amenaza para la seguridad de la circulación.

Artículo 102.- El que conduzca cualquier vehículo está obligado a mantener concentrada toda la atención en su control y dirección, por lo que se prohíbe:

Inciso 4) mantener menos de 5 metros de distancia por cada 15 kilómetros por hora de velocidad, entre vehículos que circulen uno detrás de otro;

Artículo 145.- En el momento de cruzar la calzada el peatón está obligado a cumplir las reglas siguientes:

Inciso 1) hacerlo sin demora y sin detenerse;

Inciso 4) hacerlo en línea recta de acera a acera, por la trayectoria más corta y cediendo el paso a los vehículos que circulan por la vía que se propone cruzar, en las intersecciones urbanas que no tengan señal o marcado del pavimento para el paso de peatones.

Anexo 3: Indicadores respecto a la población.

Municipio	Accidentes	Fallecidos	Lesionados	Población	Índice de accidentalidad	Índice de morbilidad	Índice de mortalidad
Matanzas	141	3	66	142024	99,28	46,47	2,11
Cárdenas	186	15	150	154039	120,75	97,38	9,74
Martí	3	0	6	22731	13,20	26,40	0
Colón	72	0	54	71121	101,24	75,93	0
Perico	24	0	18	31337	76,59	57,44	0
Jovellanos	36	9	21	58969	61,05	35,61	15,26
P. Betancourt	6	0	3	31492	19,05	9,53	0
Limonar	15	0	15	27010	55,54	55,54	0
U. de Reyes	12	0	9	37060	32,38	24,29	0
C. de Zapata	6	3	15	9889	60,67	151,68	30,34
Jagüey	33	9	54	61258	53,87	88,15	14,69
Calimete	9	0	9	28731	31,33	31,33	0

Fuente: Elaboración propia.

