

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento <b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	Código <b>F-AC-DBL-007</b>	Fecha <b>10-04-2012</b>	Revisión <b>A</b>
Dependencia <b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	Aprobado <b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		Pág. <b>1(65)</b>	

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>SHIRLEY YARITZA SANTIAGO PALACIO</b>		
FACULTAD	<b>INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERÍA CIVIL</b>		
DIRECTOR	<b>THOMAS EDISON GUERRERO BARBOSA</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>IDENTIFICACIÓN DE LUGARES PROPENSOS A ACCIDENTES EN OCAÑA (NORTE DE SANTANDER) UTILIZANDO REGRESION CUANTIL</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EN COLOMBIA ES PREOCUPANTE LA GRAN CANTIDAD DE PERSONAS QUE MUEREN DIARIO A CAUSA DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO DE MANERA QUE SE PUEDE DAR SOLUCIÓN, INTERVENIR Y CONTROLAR LOS SITIOS PROPENSOS A ACCIDENTES, ES POR ESO QUE SURGE ESTA INVESTIGACIÓN QUE DEFINIRÁ LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES Y VELOCIDADES SOBRE LA OCURRENCIA DE ACCIDENTES EN LA CIUDAD DE OCAÑA (NORTE DE SANTANDER), EL DESARROLLO METODOLÓGICO COMPRENDERÁ LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN, MEDICIÓN DE VARIABLES, CONFORMACIÓN DE BASES DE DATOS Y SU ANÁLISIS. CALIBRANDO UN MODELO DE REGRESIÓN CUANTIL QUE MOSTRO QUE LAS VARIABLES LONGITUD DEL TRAMO, ANCHO DE CALZADA, NUMERO DE CARRIL, NUMERO DE INTERSECCIONES, VOLÚMENES VEHICULARES Y VELOCIDAD (PERCENTIL 50) SON REPRESENTATIVAS A LA HORA DE OCURRIR UN ACCIDENTE.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS:  65	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:  1



**IDENTIFICACIÓN DE LUGARES PROPENSOS A ACCIDENTES EN OCAÑA  
(NORTE DE SANTANDER) UTILIZANDO REGRESION CUANTIL**

**SHIRLEY YARITZA SANTIAGO PALACIO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERÍA CIVIL  
OCAÑA  
2014**

**IDENTIFICACIÓN DE LUGARES PROPENSOS A ACCIDENTES EN OCAÑA  
(NORTE DE SANTANDER) UTILIZANDO REGRESION CUANTIL**

**SHIRLEY YARITZA SANTIAGO PALACIO**

**Trabajo de grado para optar el título de ingeniero civil**

**DIRECTOR  
THOMAS EDISON GUERRERO BARBOSA  
Ingeniero civil**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERÍA CIVIL  
OCAÑA  
2014**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la oportunidad y haberme guiado en este camino por sus bendiciones recibidas, a Mis Padres por su apoyo y confianza, ser esas personas incondicionales en mis estudios sus palabras y consejos que siempre me llevaron a seguir adelante y alcanzar mis metas queriendo siempre lo mejor para mí. Los amo

A mis hermanos Sharick y Jonathan por estar siempre con migo y ser motor para alcanzar los sueños gracias por acompañarme en mis horas de estudio.

A mi abuela Feliza (Q.E.P.D), haciendo las cosas bien podemos realmente ser feliz y lo estoy.

Shirley Yaritza Santiago Palacio

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado en los momentos de dificultad mostrándome siempre la luz para lograr mis metas.

A Mis padres Luis Fernando Santiago y Maritza Palacio por apoyarme siempre por su guía y su fortaleza para seguir adelante, gracias por su ejemplo, ser esas personas únicas. Por darme la oportunidad de estudiar esta carrera y por promover la unión familiar en nuestra familia.

3165119741

A Mis hermanos por ser parte importante en mi vida por su amor, sus juegos, entrega y apoyo. Por los buenos y grandes momentos que hemos compartido.

Al ingeniero Thomas Guerrero Barbosa por haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi tesis, por su apoyo, confianza, interés, dedicación y facilidades que me brindó en el transcurso de la investigación.

A Mi prima Yesly Palacio Sánchez por su colaboración y apoyo.

A Mi tío Elver y tía Sandra por su colaboración, cariño y por ese ánimo que siempre me impulso a seguir adelante.

A Mis amigos por todos los momentos que pasamos juntos trabajos, exposiciones, alegrías, tristezas gracias por su apoyo. A Eduar Pérez, Arbey Ballesteros y Harrimer Cabrales por su colaboración y aprecio.

A Mi familia y amigos por el ánimo recibido y por estar siempre apoyándome para lograr lo que hoy es mi felicidad.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>14</b>
<b>1. TITULO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. DELIMITACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA. ....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL. ....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.4. DELIMITACIÓN OPERATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. MARCO HISTORICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. MARCO LEGAL .....</b>	<b>26</b>
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2. POBLACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>28</b>

<b>4. PRESENTACION DE RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2. DESCRIPCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....</b>	<b>34</b>
<b>4.4. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE ACCIDENTALIDAD. ....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. ESTIMACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO, REGRESIÓN CUANTIL. ....</b>	<b>49</b>
<b>4.6. DETERMINAR LOS SITIOS CRÍTICOS.....</b>	<b>51</b>
<b>4.7. ELABORACIÓN DEL RANKING DE PELIGROSIDAD. ....</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Número de accidentes por año.....	36
Gráfico 2 Número de accidentes por hora.....	36
Gráfico 3 Número de accidentes por Día.....	37
Gráfico 4 Número de accidentes por Día, antes del decreto.....	38
Gráfico 5 Número de accidentes por Día, durante el decreto.....	39
Gráfico 6 Número de accidentes por Día, después del decreto.....	40
Gráfico 7 Número de accidentes por Mes.....	41
Gráfico 8 Número de accidentes por Edades.....	42
Gráfico 9 Número de personas involucradas por año.....	43
Gráfico 10 Número de personas involucradas por Hora.....	44
Gráfico 11 Número de personas involucradas por Día.....	45
Gráfico 12 Número de personas involucradas por Mes.....	46
Gráfico 13 Número de personas involucradas por Edades.....	47
Gráfico 14 Número de personas involucradas por año.....	48
Gráfico 15 Número de Motos involucradas por año.....	49

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1 Estadísticas descriptivas de las variables, valores mínimos, máximos, media (promedio) y desviaciones estándar.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 2. Descripción de los tramos.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3. Modelo de regresión cuantil estimación de parámetros Cuantil 95. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 4. Modelo de regresión cuantil estimación de parámetros Cuantil 50. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 5. Clasificación de los tramos, Cuantil 95. ....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 6. Clasificación de los tramos, Cuantil 50. ....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 7. Ranking de peligrosidad, Cuantil 95. ....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 8. Ranking de peligrosidad, Cuantil 50. ....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>Fotografía 1 Tramo 1: Vía desde la iglesia de San Rafael hasta el puente de la cárcel la modelo. ....</b>	<b>53</b>
<b>Fotografía 2 Tramo 3: Vía desde del parque Tacaloa hasta la tienda sol y sombra. ....</b>	<b>54</b>
<b>Fotografía 3 Tramo 4: Vía desde la Y de la ondina hasta la defensa civil. ....</b>	<b>55</b>
<b>Fotografía 4 Tramo 5: Vía la avenida Francisco Fernández de Contreras desde la defensa civil hasta los seguros; sentido norte-sur ....</b>	<b>55</b>
<b>Fotografía 5 Tramo 5: Vía la avenida Francisco Fernández de Contreras desde la defensa civil hasta los seguros; sentido sur-norte ....</b>	<b>56</b>
<b>Fotografía 6 Tramo6: Vía la circunvalar desde los seguros hasta acolsure. ....</b>	<b>56</b>
<b>Fotografía 7 Tramo 9: Vía desde la Y de la palmita hasta la panadería diagonal al colegio José Eusebio Caro. ....</b>	<b>57</b>
<b>Fotografía 8 Tramo 14: Vía desde la calle principal del barrio el llano hasta los semáforos de las llanadas. ....</b>	<b>57</b>
<b>Fotografía 9 Tramo 10: Vía desde la esquina del parque san francisco hasta la Y de la palmita ....</b>	<b>58</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1. Formato aforo vehicular. ....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 2 Formato aforo velocidades.....</b>	<b>65</b>

## INTRODUCCION

La accidentalidad vial es uno de los problemas más Debido a la creciente tasa de accidentalidad a nivel mundial, los entes especializados se ven preocupados e intentan crear estrategias para tratar de mitigar este problema.

Los accidentes de tránsito (Monge, 2008) han sido clasificados como una epidemia ya que ocasionan por año la muerte a más de 1.2 millones de personas y entre 20-50 millones quedan heridos o con lesiones permanentes alrededor del mundo. Más del 85% de estas muertes y lesiones ocurren en países de bajos y medianos ingresos. El impacto social mantiene en alerta a gran cantidad de organizaciones interesadas en el tema y es por esto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) dedicó el 7 de abril del 2004 (Día Mundial de la Salud) a la seguridad vial y dio a conocer el Informe Mundial para la Prevención de Lesiones por Accidentes de Tránsito preparado por la OMS y el Banco Mundial, declarando a los accidentes como un problema de salud pública.

En Ocaña la accidentalidad es un factor que genera inseguridad en la movilidad del casco urbano pues la tasa de accidentalidad va en aumento en donde conductores como peatones se ven afectados por este fenómeno son varias las variables que se ven involucradas a la hora de presentarse un accidente. Se pretende hacer intervenciones urgentes para identificar los sitios altamente peligrosos y que las entidades encargadas atiendan de una manera segura.

Es por esto que se plantean investigaciones para medir, cuantificar y evaluar las variables que intervienen en este fenómeno, lo que permite que en la siguiente investigación se plante la identificación de los sitios propensos a accidentes haciendo uso de la regresión cuantil, basada fundamentalmente en la base de datos de los accidentes generados en Ocaña durante el periodo del año 2007 al año 2014. Se realizó una validación y actualización de la base de datos de accidentes para realizar la modelación de las variables y definir los sitios críticos y lograr el objetivo principal que es realizar el ranking de peligrosidad de los tramos en estudios, donde se analizaron las diferentes variables asociadas a los tramos.

## 1. TITULO

### **IDENTIFICACIÓN DE LUGARES PROPENSOS A ACCIDENTES EN OCAÑA (NORTE DE SANTANDER) UTILIZANDO REGRESION CUANTIL**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La accidentalidad vial es uno de los problemas más preocupantes en la actualidad tanto en Colombia como en todo el mundo y de igual manera en nuestro municipio Ocaña. No es un problema reciente, pues desde hace mucho tiempo se ha venido presentando debido a diferentes factores que provocan los accidentes, por eso es muy importante caracterizar y establecer cuáles son los tramos viales críticos a presentar accidentes para contribuir a su identificación y a una reducción en los índices de accidentalidad vial.

Hoy en día los accidentes de tránsito en calles y carreteras, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ocasionan en todo el mundo alrededor de un millón de muertes por año y 20 millones de personas lesionadas, para una población del orden de 6 mil millones de habitantes. La mayoría de estas víctimas ocurren en los países en desarrollo y las cifras aumentan en la medida en que su parque automotor crece (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007).

La ocurrencia de accidentes trae consecuencias para el sistema de salud y las familias de las víctimas que son las que resultan más afectadas, tanto su economía por el pago de daños (materiales, medicamentos, incapacidad), como psicológicamente debido a traumas que ocasionan dichos accidentes. El ministerio de transporte informó que en el país más de tres millones de carros y motos no cumplen con el requisito de la revisión técnico-mecánica, poniendo en peligro la vida de los conductores y de los transeúntes.

De acuerdo con estudios realizados por el ministerio de transporte, en los últimos 10 años murieron en el país, en accidentes de tránsito cerca de 63 mil personas al transitar con vehículos en mal estado en su parte mecánica, por manejar en estado de embriaguez, por imprudencia de los peatones o por fallas en la estructura vial.

Se determinó que los niños entre 5 y 14 años son las mayores víctimas de estos accidentes debido, en muchos casos, a la imprudencia de los menores al pasar la calle. Las más reciente normatividad en esta materia señalan que los vehículos particulares nuevos deben ser sometidos a revisión técnica a los 6 años y los demás cada dos años. Los carros de servicio público deben ser revisados cada año, el ministerio anunció que pondrá en marcha unos operativos especiales en todo el país para vigilar el cumplimiento de esta norma y así disminuir los accidentes de tránsito pero sobre todo los muertos y heridos que estos dejan (Mejía Ch, 2012).

Realmente al ocurrir un accidente son varios los factores que se ven involucradas como: la velocidad, la congestión, el estado de la vía, el diseño geométrico y el comportamiento de las personas. Al combinarse todos estos factores es donde el resultado es fatal y se llega al punto de causar graves accidentes, daños materiales y la pérdida de vida de las personas que se ven involucradas por eso al generarse estas situaciones, es de gran importancia

resolverlos de una manera clara y eficaz haciendo un análisis identificando los lugares más críticos en accidental vial de Ocaña.

En la ciudad de Ocaña según estudios reportados por Alvernia y Urón (2012), las estadísticas muestran un incremento en la ocurrencia de accidentes de un 175% en aumento desde el año 2007 al 2011, por tal motivo se quiere realizar una investigación en la que se pueda determinar la influencia de las características geométricas, la velocidad y el aumento del tránsito en la incidencia de los accidentes para tratar con ayuda de las autoridades la prevención de estos en la ciudad.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A través de esta investigación se busca la identificación de los lugares propensos a accidentes en la ciudad de Ocaña utilizando el método de regresión cuantil.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1.OBJETIVO GENERAL**

Identificar los sitios propensos a accidentes utilizando el método de Regresión Cuantil (RC).

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Realizar el estado del arte referente al uso de la RC en la identificación de accidente.

Medir variables asociadas a la geometría y características operacionales de los tramos viales objeto de estudio.

Conformar una base de datos de registros de accidentes que se han presentado en el casco urbano de la ciudad de Ocaña.

Realizar un análisis estadístico descriptivo de la accidentalidad en Ocaña.

Estimar un modelo estadístico utilizando el método de Regresión Cuantil (RC).

Determinar los sitios críticos teniendo en cuenta el criterio de valores observados vs valores predichos.

Elaborar un ranking de peligrosidad de sitios críticos o propensos a accidentes.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

La accidentalidad vial se ha catalogado como la segunda causa de mortalidad en Colombia durante los últimos 10 años, es de gran importancia que las entidades públicas y privadas encargadas atiendan la seguridad vial. Debe considerarse prioritaria la atención por razones de salud pública y económica.

En Ocaña la situación cada día se hace más difícil pues se registran un gran número de accidentes con heridos y muertos, pues nuestro municipio no es ajeno a la situación que se presenta XXX pues la accidentalidad ha aumentado notablemente con esto buscamos que se mitigue la situación que se viene presentando; también a través de políticas del gobierno nacional donde se sancione rigurosamente y se generen políticas. Por otra parte se debe tener en cuenta que son diversos los factores que generan estos problemas como el exceso de velocidad, el consumo de bebidas alcohólicas, sustancias alucinógenas y muchas veces factores característicos de la malla vial, es decir, las características y condiciones del pavimento. Por eso es conveniente analizar los factores que se ven involucrados para poder definir cuáles son los lugares más críticos a presentar accidentes.

De lo anterior surge la necesidad de hacer un énfasis en el tema de la accidentalidad vial identificando los factores o modelos por el cual se registran altos índices de accidentalidad, contribuyendo con alternativas de solución para mitigar este problema que no solo se presenta en Colombia si no en todos los países, ciudades a nivel mundial. Por eso es importante la manera de buscar e intentar reducir los índices de accidentalidad vial con medidas de control policial, políticas para la regulación de velocidades, adecuación de la estructura vial y políticas públicas tendientes a sancionar a los infractores de manera severa.

Por lo tanto el identificar y analizar los diferentes puntos críticos donde se generan más accidentes, es un paso importante en la prevención de accidentes de tránsito (Zambrana, 2010). En este estudio se pretende mejorar el control y prevención de la accidentalidad para disminuir de esta manera la epidemia que afecta cada vez más a nuestra población y conocer si la concentración de accidentes identificada en casos internacionales también ocurre en el caso de nuestro país e identificar dónde ocurre, dónde poner la atención y dónde aplicar medidas correctivas. La identificación de los sitios peligrosos de accidentes, servirá para que las entidades encargadas de la inversión de recursos para lograr disminuir los índices de accidentes, se realice en sitios verdaderamente peligrosos y no en sitios llamados “falsos positivos”, los cuales corresponde a sitios con una aparente cantidad de accidentes pero que estadísticamente no son peligrosos; de esta manera se podrá priorizar e invertir de manera segura y adecuada.

## **1.5. DELIMITACIONES**

### **1.5.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA.**

El proyecto se llevara a cabo en la ciudad Ocaña ubicado en la zona noroccidental del departamento de Norte de Santander.

### **1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

Esta investigación se llevara a cabo en un periodo de 4 meses en el cual se desarrollaran las actividades necesarias.

### **1.5.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.**

Para identificar los lugares críticos o propensos a accidentes con regresión cuantil (RC), se necesita la utilización de conceptos como: transito promedio diario (TPD), longitud del tramo, número de intercepciones, número de pasos peatonales, número de calzadas. Número de carriles, velocidad, volúmenes, número de accidentes.

### **1.5.4. DELIMITACIÓN OPERATIVA.**

El proyecto a realizar se basará en el manejo del software llamado StataSE, de esta manera identificar cuáles son los sitio propensos a accidentes, por lo que es necesario contar con la disposición del software y asesoría, para evitar inconvenientes en el desarrollo del proyecto.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO HISTORICO

Desde 1896 cuando, se registró la primera muerte por vehículo en el mundo, es innegable la gran transformación que se ha experimentado en relación con la movilidad de las personas. Aunque han mejorado las condiciones de vida de los ciudadanos al disminuir las distancias y los tiempos en que estas se recorren, también han activado riesgos para la vida humana, deviniendo las lesiones y muertes.

Los países más desarrollados, con mayores niveles de motorización y mayor número de víctimas, fueron los primeros en identificar este problema y comenzar a generar acciones encaminadas a evitarlo. A comienzo de la década del 60 muchos países desarrollados crearon organismos de seguridad vial para investigar y regular la creciente epidemia de los accidentes automovilísticos y con ella los puntos de mayor potencial de accidentalidad.

Así mismo tomando en cuenta el volumen del parque vehicular y la velocidad con que estos transitan, en un estudio realizado en Long Beach, California en el año 2001, observaron que el mayor número de colisiones automovilísticas ocurrían en las intersecciones, en comparación con las áreas de trayecto vehicular. Esto los motivó a realizar mapas de condensación vehicular remarcando los puntos de mayor accidentalidad durante ese periodo de estudio (Zambrana, 2010).

La seguridad vial es un tema de interés para los gobiernos y los organismos encargados del Tránsito y transporte, en razón al incremento de las muertes y los traumatismos generados por colisiones, choques o accidentes con altos costos personales, familiares y sociales, especialmente para los sectores de la política social, ambiental, económica y de salud pública. Estos eventos requieren de la intervención del Estado mediante la implementación de políticas públicas que se concreten en medidas más efectivas con la participación de los actores sociales directamente involucrados desde el ámbito de lo local: instituciones, organizaciones, ciudadanos, niños, niñas, adolescentes, padres de familia, maestros, líderes comunitarios, así como desde el ámbito legislativo, académico y de veeduría ciudadana.

La Constitución Política de Colombia de 1991, en su Art. 2, alude al papel que tienen las autoridades respecto a la protección de las personas, en su vida, honra, bienes, derechos y libertades, así como a la garantía del cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares. Este fundamento constitucional ha servido de base para el desarrollo de normas jurídicas tendientes a la protección y seguridad en la movilidad (transporte y tránsito) de los ciudadanos. En los Art. 11, 82, 88, entre otros, le da poder al Estado para determinar los lineamientos políticos que la Constitución le obliga como responsable del mejoramiento permanente de la calidad de vida y de la seguridad de los ciudadanos. A su vez, en el Art. 24 plantea que todo colombiano, con las limitaciones que establezca la ley, tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional. El Art. 150 hace alusión a la unificación de las normas sobre policía de tránsito en todo el territorio de la República.

Con la promulgación de la Ley 105 de 1993, relacionada con las disposiciones básicas sobre el transporte y las competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se establecen los principios rectores del transporte, entre ellos: la libre intervención del Estado, al que le corresponde la planeación, el control, la regulación y la vigilancia del transporte y de las actividades a él vinculadas; la seguridad de las personas, que se constituye en una prioridad del sistema y del sector transporte (Art. 2, literales b y e).

Así mismo, esta ley establece como uno de los principios del transporte público, la garantía de movilización de personas o cosas en buenas condiciones de seguridad. En su Art. 5 le atribuye al Ministerio de Transporte la coordinación con las diferentes entidades sectoriales para definir las políticas generales sobre el transporte y el tránsito.

Posteriormente, la Ley 336 de 1996 (por la cual se adopta el Estatuto Nacional del Transporte) fija como uno de sus principales objetivos la seguridad, especialmente la relacionada con la protección de los usuarios, como prioridad esencial en la actividad del sector y del sistema de transporte (Art. 2) (Acero, 2004).

En la evaluación de los accidentes estos se ven afectadas por una serie de causantes que afectan el transporte en Colombia, donde podemos definir las causas de los accidentes de tránsito como: Fallas técnicas del vehículo, deficiencias en la infraestructura, fallas de tipo operacional y errores humanos factores que son las principales causante de las tragedias que a diario vemos en la comunidad.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Accidente:** Se define como accidente a cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, y dar lugar a una lesión corporal. La amplitud de los términos de esta definición obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable.<sup>1</sup>

**Volumen vehicular:** es el número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico.

**Tránsito Promedio Diario (TPD):** es el número total de vehículos que pasan durante un período dado, que debe ser igual o menor a un año y mayor que un día.

**Velocidad:** es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento usualmente expresado en kilómetros (Km/hr) (Cal y Myor y Cárdenas, 2007).

---

<sup>1</sup> DEFINICIÓN DE ACCIDENTE. [En línea]. [Citado el 17 de Diciembre de 2013]. Disponible en Internet: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Accidente>>

**Vía pública:** espacio geográfico que pertenece a todos, por donde se puede circular libremente vehículos, personas, animales o cualquier otro.

**Red vial:** conjunto de calles, avenidas, pistas y carreteras, que sirven para el desplazamiento y la circulación de automóviles, peatones y transeúntes.

**Seguridad vial:** son las medidas de seguridad de tránsito que emiten y deben hacerlas cumplir las instituciones del estado y organismos correspondientes para que la circulación de peatones, vehículos y transportación pública y privada se realice de forma seguridad.

**Atropello:** accidente que ocurre entre un vehículo en movimiento y al menos una persona.

**Colisión entre vehículos:** accidentes que ocurre entre dos o más vehículos.

**Conductor:** personas que tiene las capacidades para conducir un vehículo, automóvil o de carga pesada, que posee la licencia de conducir.<sup>3</sup>

**Cuantil:** son los puntos a intervalos regulares en la función de distribución acumulativa de una variable aleatoria.

**Mediana:** es el cuantil probablemente más conocido para medir el valor que describe la separación de una población en el medio, es decir, 0,5.<sup>2</sup>

**Incapacidad:** imposibilidad que tiene un apersona para desarrollar sus funciones normalmente. Dependiendo de su duración, puede ser temporal o permanente.

**Indemnización:** importe al que está obligada a pagar la entidad aseguradora en el caso de producirse un siniestro amparado por la póliza, dependiendo de si este importe se paga en un solo momento, se tratara de una indemnización única; en el caso de que se produzca mediante pagos periódicos, se tratará de indemnización por rentas.<sup>3</sup>

**Eficacia:** es la capacidad de lograr un objetivo esperado con el mínimo de recursos posibles.

**Choque:** es la colisión entre dos o más cuerpos.

**Variables:** son las características que al ser medidas en diferentes individuos obtienen valores diferentes, pueden ser variables cualitativas, variables cuantitativas, variables independientes, variables dependientes.

---

<sup>2</sup> QIN, X iao - NG, Marie - REYES, Perla E.. Identifying crash-prone locations with quantile regression [Paper]. Department of Civil and Environmental Engineering, south Dakota State University, CEH 148, Box 2219, Brookings, SD 57006, United States.

<sup>3</sup> GLOSARIO DE TÉRMINOS. [En línea]. [Citado el 17 de Diciembre de 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.rastreator.com/seguros-de-vida/guias/glosario-seguros-de-vida.aspx>>

**Intersección vial:** hace referencia a aquellos elementos de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos, estas infraestructuras permiten a los usuarios el intercambio entre caminos. El cruce de puede dar con una intersección a nivel o con una intersección a desnivel.<sup>4</sup>

## 2.3. MARCO TEÓRICO

### REGRESION CUANTIL

La regresión Cuantil es una técnica estadística para el cálculo de curvas de crecimiento y valores de referencia muy útil en diversos ámbitos de aplicación, como la Ecología, la Economía y la Medicina. En el entorno aplicado se plantea la necesidad de ampliar la visión paramétrica clásica mediante el uso de técnicas de suavización en regresión, y así poder captar todas las variaciones que se producen en las diferentes curvas cuantil de la población, condicional al conjunto de covariables.

La regresión cuantil se utiliza cuando el objetivo de estudio se centra en la estimación de los diferentes percentiles (como por ejemplo, la mediana) de una población de interés. Una ventaja de utilizar la regresión cuantil para estimar la mediana, en lugar de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (para estimar la media), es que la regresión cuantil será más robusta en presencia de valores atípicos.

### DEFINICIÓN Y ESTIMACIÓN DE CUANTILES

Sea  $p$  un número entre 0 y 1, el percentil  $100p$  de la distribución de una variable aleatoria continua  $X$  denotados por  $(0.5)$  se define por:

$$p = F(\eta(p)) = \int_{-\infty}^{\eta(p)} f(y)dy$$

En general, el  $p$ -percentil de la distribución de cualquier variable aleatoria  $X$  puede ser reescrita como la función inversa de su acumulativa función de distribución evaluado en  $p$ . Formalmente, el cuantil  $p$ -ésimo de  $X$  con función de distribución acumulada  $F$  con  $0 \leq p \leq 1$  es definida como:

$$\eta(p) = F^{-1}(p) = \inf \{y : F(y) \geq p\} \text{ where } 0 < p < 1$$

Tenga en cuenta que  $(0.5)$  es la mediana, el percentil 95 se indica como  $(0,95)$  y el primero de uso general y tercero cuantiles son igualmente representados como  $(0,25)$  y  $(0,75)$ ,

---

<sup>4</sup> DEFINICIONES. [En línea]. [Citado el 17 de Diciembre de 2013]. Disponible en Internet: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>>

respectivamente.  $\eta(p)$  puede interpretarse como el umbral que divide los valores posibles de  $X$  en dos grupos, de tal manera que  $P(X \leq \eta(p)) = p$  y  $P(X > \eta(p)) = 1 - p$ .

## MODELO DE REGRESIÓN CUANTIL

Similares a la media de la muestra que minimiza la suma de los errores cuadrados, la mediana de la muestra de una muestra aleatoria  $\{y_1, y_2, \dots, Y_n\}$  de una variable aleatoria  $Y$  es el mínimo de la suma de las desviaciones absolutas. Por lo tanto, las estadísticas generales de muestra  $p$ -ésimo del cuantil  $\eta(p)$  podrá ser resuelto como una solución óptima para reducir al mínimo una media ponderada de las muestras cuyos valores son mayores o igual  $\eta(p)$  y la muestras cuyos valores son menos o igual a  $\eta(p)$ .

$$\min_{\beta \in R^k} \left[ \sum_{i \in \{i: y_i \geq \eta(p)\}} p |y_i - \eta(p)| + \sum_{i \in \{i: y_i < \eta(p)\}} (1 - p) |y_i - \eta(p)| \right]$$

La muestra  $p$ -ésimocuantil estadísticas  $\eta(p)$  se puede expresar como una relación lineal función de los parámetros de interés como:

$$\eta(p) = X' \beta + \varepsilon$$

Dónde:

**p**: percentil 100p tales como percentil 95, percentil 50 (mediana).

**$\eta(p)$** : la variable de respuesta correspondiente a 100p percentil.

**$\beta$** :  $k$ -dimensional vector de parámetros desconocidos de la covariables  $X$

**$\varepsilon$** : error aleatorio.

Por lo tanto, los convierten en la solución de problemas de optimización de las estimaciones para  **$\beta$** s:

$$\hat{\beta}(p) = \arg \min_{\beta \in R^k} \left[ \sum_{i \in \{i: y_i \geq X' \beta\}} p |y_i - X' \beta| + \sum_{i \in \{i: y_i < X' \beta\}} (1 - p) |y_i - X' \beta| \right]$$

$\hat{\beta}(p)$

Para cualquier  $p$  cuantil entre 0 y 1,  $\eta(p)$  se llama  $p$ -ésimo cuantil de regresión que minimiza la suma ponderada de absolutas residuales. Como un caso especial, la mediana de la muestra reduce al mínimo la suma de los errores absolutos de la muestra establece cuando  $p$  es igual a 0,5, que también se llama la regresión L1. Y el problema puede ser resuelto de manera eficiente con diversos métodos de optimización como el algoritmo simplex, método de punto interior, algoritmo de suavizado y sus derivaciones (Chen, 2005). Este proyecto se puede analizar mediante el algoritmo simplex es el algoritmo más popular, pero es computacionalmente exigente. Su tiempo de procesamiento aumenta considerablemente a medida que aumenta el tamaño de los datos. El algoritmo de interior ha sido desarrollado como una alternativa para el manejo de grandes conjuntos de datos y se ha demostrado ser superior al algoritmo simplex y el algoritmo de suavizado, estos algoritmos hacen parte de los procedimientos de Quantreg Sas.

## LA MEDIA ESTIMACIONES DEL MODELO DE REGRESIÓN

En esta sección, se repite el mismo análisis usando el clásico GLM. El modelo de Poisson-gamma fue utilizada en este caso de los datos de recuento no negativos y para abordar el problema de sobredispersión. A diferencia del modelo de QR, los GLM estiman los cambios de medias condicionales función de los diferentes factores que contribuyen.

## PARÁMETROS DE ESTIMACIÓN PUNTUAL DEL MODELO DE POISSON-GAMMA

Sea  $y_i$  el número de accidentes en la intersección  $i$  y se asume una distribución de  $y_i$  condicionada a su media  $\lambda_i$  siguiendo una Distribución de Poisson de forma independiente sobre los sitios.

$$y_i | \lambda_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

La función de registro utilizado para enlazar la media de los recuentos de choque con todas las posibles covariables y los errores no estructurados se define como:

$$\log(\lambda_i) = \beta_v \log V + \beta_0 + Z\alpha + \varepsilon_i, \quad t = 1, 2, \dots, k$$

**Dónde:**

**V:** millones anuales volumen que entra todos los días.

**Z:** la matriz categorial variables tales como el control del tráfico, la mediana, giro a la izquierda, el tipo de área.

**$\alpha$ :** vector de coeficientes de regresión.

**$\varepsilon_i$ :** un efecto aleatorio no estructurado independiente de Z.

El modelo de Poisson-gamma se especifica si se asume que  $\exp(\varepsilon_i)$  sigue una distribución gamma de forma independiente. En la mayoría de la literatura en la predicción accidente, es ampliamente aceptado que su media es 1 y la varianza es  $1/\Phi$  por alguna cantidad positiva (o parámetro)  $\Phi$ . En otras palabras:

$$\exp(\varepsilon_i) \sim \text{Gamma}(\phi, \phi)$$

Y  $\Phi$  por lo general se denomina un parámetro de dispersión inversa. Sea  $\beta = (\beta_0, \beta_v, \alpha')$ , basado sobre esta parametrización en particular,  $y_i$  sigue una distribución binomial negativa con  $\exp$  media ( $x\beta$ ) y la varianza  $\exp(x\beta) (1 + \exp(x\beta) / \Phi)$ . En este sentido, se estima a través del procedimiento StataSE.

## LOS INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LAS MEDIAS

Para identificar los lugares con altos índices de accidente, los recuentos observados se compararon con los intervalos de confianza del 90% para el valor predicho. Los intervalos de confianza se calculan de la siguiente manera:

$$X'\beta \pm t_{\alpha/2} - pSvo^{1/2}$$

**Dónde:**

$$vo = x'v(x'x)^{-1}xv, \text{ y } \alpha = 0.1.$$

Este límite indica el rango de posibles valores verdaderos para la incidencia de accidente condicional dado  $X$ . Un sitio fue clasificado como accidente-propenso si el número observado de accidentes supera los límites superiores de confianza del 90%. Para la situación en cuestión, 621 de 1710 intersecciones fueron clasificados como sitios extremos, que constituyen aproximadamente el 64% del tamaño de la muestra.

El procedimiento descrito se utiliza comúnmente para la detección de valores atípicos en la variable dependiente. Sin embargo, se debe tener cuidado al aplicar esta estrategia. En primer lugar, la presencia de observaciones extremas puede inflar la varianza estimada ( $S$ ), como resultado de enmascaramiento (es decir, la detección de valores atípicos que se ve obstaculizada por su sola presencia). En segundo lugar, este procedimiento ofrece poco control sobre el número de observaciones declaradas como valores extremos. Por lo tanto, pueden ocurrir situaciones en las cuales más observaciones de las deseadas se clasifican como casos extremos.<sup>8</sup>

## **2.4. MARCO LEGAL**

Constitucion Colombiana de 1991.

Ley 388 de 1997 Por la cual se crea el Plan de Ordenamiento Territorial.

Código de transito de Colombia

Normas sobre las vías públicas nacionales. decreto número 2770 de 1953 (Octubre 23)

Manual de señalización dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia. Bogotá d.c., mayo de 2004

Ley 1383 de 2010 “por la cual se reforma la ley 769 de 2002 código nacional de tránsito

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación para el desarrollo del proyecto es de tipo descriptivo, con diseño cuantitativo, donde se analizarán un conjunto de variables relacionadas con el tema. Con el cual se dará a conocer las características y las variables de los accidentes.

El nivel de investigación es de tipo correlacionar ya que se relacionarán variables entre sí como: longitud del tramo, cantidad de intercepciones, número de calzadas, número de carriles.

Esta investigación es de tipo cuantitativo sus resultados se expresan en porcentaje, va a permitir analizar y examinar los datos de manera científica, es decir, de forma numérica con la ayuda de herramientas de estadística.

#### **3.2. POBLACIÓN**

La población que tomaremos para la realización de este proyecto serán las vías de Ocaña específicamente 15 tramos viales como: Calle 10 desde el Parque San Agustín hasta el Parque San Francisco, Calle 11 desde el Parque San Francisco hasta el Parque San Agustín, Calle principal del barrio el Llano hasta los semáforos de las Llanadas, La AFFF desde La Defensa Civil hasta Los Seguros, Vía Acosure hasta la entrada del Bambo, Vía desde el parque Tacaloa hasta la tienda Sol y Sombra, Vía desde el Puente de la cárcel hasta la esquina de Telecom, Vía desde esquina del parque San Francisco hasta la Y de la Palmita, Vía desde la entrada del Bambo hasta la Y de la Palmita, Vía desde la iglesia San Rafael hasta el Puente de la cárcel La Modelo, Vía desde la Y de la Ondina hasta la Defensa Civil, Vía desde la Y de La Palmita hasta La Panadería diagonal al Caro, Vía desde Los Seguros hasta el parque San Agustín, vía la circunvalar desde los seguros hasta acosure, vía principal del barrio Juan XXIII y el barrio los Lagos I, II y III etapa

Teniendo en cuenta los registros de accidentes que se presentan en cada tramo, los datos serán incluidos desde el 17 de enero del año 2007 hasta el 31 de enero del año 2014.

#### **3.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La técnica y método de recolección de información que se utilizará en la ejecución de este proyecto será la recolección de información en las entidades encargadas de llevar los registros de los accidentes ocasionados en la ciudad de Ocaña, con la cual se conformará una base de datos que contendrá características propias de como ocurrió el accidente, el lugar de ocurrencia, características de los vehículos y personas involucradas.

### **3.4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Con la información obtenida se llevará a cabo la evaluación y análisis mediante el programa estadístico Regresión Cuantil (RC), teniendo en cuenta las variables longitud del tramo, número de carriles, número de calzadas, volúmenes, el tránsito promedio diario (TPD).

Cuyo objetivo es la identificación de los lugares más críticos o propensos a accidentes en las vías estudiadas de Ocaña, para lograr una homogeneidad en los datos y obtener veracidad en los resultados.

## 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.1. ESTADO DEL ARTE

En la investigación desarrollada por Qin *et al* (2009) se enfocó en la identificación de los sitios propensos a accidentes con regresión cuantil. La investigación se desarrolló en Wisconsin (EEUU), donde se analizaron 1710 registros de intercepciones de la base de datos. Las variables utilizadas para la calibración del modelo fueron: características del accidente, volúmenes de tránsito, control del tráfico y características geométricas, la metodología que se desarrolló se basó en la definición de cuantiles con el proceso de regresión cuantil trabajando un límite de confianza del 95%.

En este estudio los datos de la base de datos de los registros se analizaron con el software SAS 9.1 se utilizó basándose en el procedimiento QUANTREG para estimar los coeficientes de las variables y realizar comparaciones sobre los coeficientes y datos estimados, hallando valores para el percentil 95%.

La clasificación de los sitios se realizó teniendo en cuenta la comparación entre los valores de los accidentes observados con los valores de los accidentes predichos, un sitio se clasificó como propenso a accidente si el número de los accidentes observados es mayor al número de los accidentes predichos. Luego de tener identificados mediante el método de la regresión cuantil que dio como resultado que solo 15 sitios de los 1710 registrados son propensos a accidentes, método que clasificó los que presentaban graves problemas de seguridad. El ranking se realizó teniendo en cuenta la diferencia del cuantil 95 previsto, es decir, el sitio que presenta mayor diferencia en el cuantil 95 es el sitio clasificado como 1 (primero) en el ranking y así sucesivamente.

Se mostró que la regresión cuantil es más favorable para la clasificación de los sitios propensos a accidentes además el número indicado por el método de regresión cuantil específicamente 15 sitios propensos a accidentes que presenta solo el 5% de los registros totales, lo que mostró una herramienta útil para lograr una estimación más precisa.

Otra investigación desarrollada en los Estados Unidos a cerca del descarrilamiento de trenes fue desarrollada por Liu *et al* (2013). Se centraron en que los descarrilamientos son el tipo más común de accidentes de tren en los Estados Unidos generando consecuencias como daño en las infraestructuras, en el material rodante, pérdidas de víctimas y daños del medio ambiente; ellos decidieron hacer esta investigación porque es de gran importancia el análisis y las variables relacionadas con el descarrilamiento de los trenes; los ferrocarriles son vitales para la economía en Estados Unidos.

La base de datos que utilizaron para la investigación fue tomada del equipo de trenes de accidentes (REA); mantenidos por la Administración Federal de Ferrocarriles (FRE). De igual manera los ferrocarriles en Estados Unidos los ferrocarriles se ven obligados a dar informes acerca de los accidentes que se hayan presentado donde se ven involucrados los

trenes y donde hayan tenido un costo representativo en los daños que hayan ocasionado al suceder el accidente, como: daños a los equipos, señales, obras en la vía.

En esta investigación se definieron varias variables como longitud del tren, la velocidad de descarrilamiento, distribución de potencia y la proporción de vagones. Dentro de las variables utilizadas en el estudio la variable distribución de potencia se clasificó en dos grupos 1) trenes de potencia no distribuida con únicas locomotoras en la cabeza y 2) trenes de potencia distribuida con locomotoras de cabeza y adicionales, es decir, le da el valor a la variable de 1(uno), cuando equivale a un tren de potencia distribuida y 0(cero) en caso contrario.

Hay dos software estadísticos con los que se puede trabajar la Regresión cuantil STATA y SAS, en este estudio se utilizará el método JITTERING en un procedimiento llamado Qcount que utiliza los datos de registro de descarrilamiento de trenes, hallando valores para los cuantiles 20, 40 y 60. Se concluyó que el modelo de Regresión cuantil se utilizó para estimar el valor cuantil específico y es el más adecuado para el análisis de datos cuando estos tengan valores atípicos

Una investigación desarrollada por Paul Hewson (2007) este trabajo propone el uso de la regresión cuantil para proporcionar un análisis y evaluación más amplia de los datos de velocidad, donde suponen que el riesgo de accidentes aumenta de manera desproporcionada a medida que aumenta la velocidad. Esta investigación se realizó en Cambridgeshire (Reino Unido), el modelo de regresión cuantil se aplicará mediante el uso de los registros tomados de los datos recientes de Northamptonshire (Reino Unido) estos datos fueron recogidos con un programa de vigilancia de la velocidad de la comunidad. En total fueron 1446 lecturas de la velocidad de los automóviles fueron tomadas al borde de la carretera en 3 escenas de los sitios experimentales: una escena nula, una escena que contiene los niños que juegan y una escena donde los niños esperan para cruzar la calle

Se basan en que hay gran cantidad de literatura donde se puede evidenciar que el aumento de velocidad del vehículo puede estar asociado a un mayor riesgo de colisión. Que depende de los conductores los que vayan más rápido presentan un mayor riesgo de colisión, que los conductores que vayan más lentos. Definieron 4 tipos de conductores: los conformistas que obedecen los límites de velocidad, el disuadió que modifica su velocidad después de las cámaras de velocidad, los manipuladores que frenan por las cámaras y los desafiadores que conducían por encima de los límites de velocidad. Definieron unas características como: la congestión durante las horas pico, las diferencias de viajes en el fin de semana y periodos vacacionales.

Los modelos que se van a utilizar son: la primera utilizará un modelo convencional de efectos de forma análoga a ANOVA en un marco de regresión cuantil utilizando los datos disponibles públicamente y el segundo con los datos recogidos de forma automática, en esta investigación se utilizó el software R para la regresión cuantil y para controlar el redondeo con los datos de Cambridgeshire se utiliza el algoritmo FCEN, se trabaja para un intervalo de confianza del 95%. En el uso de regresión cuantil hallando valores de coeficientes para los percentiles 5,10,15,30,50,70,85 y 95. Basándose en el percentil 85

pero demostrando que se puede hallar para cualquier percentil tomando un valor entre 1 y 100.

Observaron un mayor riesgo de colisión entre los conductores que pertenecía al grupo de los desafiadores y los manipuladores, las primeras horas de la mañana pueden ser consideradas las horas con mayor riesgo de colisiones de alta severidad, además que en este trabajo se ha demostrado que se puede utilizar para determinar si la velocidad del percentil 85 o cualquier otro percentil ha cambiado significativamente.

La investigación desarrollada por Washinton *et al* (2013) se orientó a identificar los posibles segmentos de carreteras, cruces peatonales, rampas, con desproporcionadamente alto riesgo de accidentes. El método propuesto se desarrolló en carreteras rurales de Corea del Sur, se utilizaron modelos de regresión negativa para modelar las frecuencias de accidentes y con la regresión cuantil para modelar equivalentes PDO. Hallando valores para los percentiles 90,95 y 97; con un nivel de confianza del 95%

Los datos para este estudio fueron recogidos de los accidentes en los segmentos de carreteras rurales, unos datos fueron de Seúl (capital de Corea del Sur) y el segundo lugar corresponde a los datos de una región más rural, se contó con un total de 2916 registros de segmentos de carreteras. Estos datos se obtuvieron de dos fuentes: el primer registro de accidentes de los periodos de 2005 hasta 2007 de la agencia de Policía Nacional, el segundo de estudios de campos que se realizaron del 1 de septiembre del 2008 hasta el 30 de noviembre del 2008.

La aplicación de un modelo de regresión cuantil en equivalente a accidentes PDO permite la identificación de un conjunto de sitios de alto riesgo que reflejan los verdaderos costos de seguridad a la sociedad, muestra que hay heterogeneidad en la ocurrencia de accidentes como: la población de conducción, características de la carretera, el clima, las condiciones del tráfico, el comportamiento de los conductores y las características de diseño. En las metodologías de identificación de puntos críticos (HSID) se basan en 1) la incorporación de la gravedad y los costos de accidentes contra la técnica de identificación de puntos críticos, 2) el subregistro de lesiones y daños menores a la propiedad solamente (PDO) y 3) la falta de un sistema confiable del comportamiento de la seguridad de los datos de un accidente que a veces son datos sesgados.

Existe una relación entre la gravedad de daños del accidente y los costos que este genera, dentro de los costos sociales se incluyen: servicio médico de emergencias, la administración de seguros, el costo laboral, los costos legales y los daños de costos que la sociedad da a una persona cuando queda herida o muere dentro del accidente. Lo que evidencia que en costos de seguridad social en el año 2002 fue de 1.330 veces más costoso que los accidentes promedio. A la hora de analizar los datos fueron consideradas 45 variables en total, como: frecuencias de accidentes, geometría y características del tráfico, características de la carretera, volumen de tráfico, volumen de camiones pesados, registro de velocidades, longitud, longitud de calzada, número de carriles, curvatura horizontal y vertical, la condición del terreno, anchura del andén, tipo de andén condiciones de iluminación, características del uso de la tierra entre otras.

Se definió que la única categoría de límite de velocidad que parece estar asociado con las frecuencias de choque es la categoría kph 40, que tiene aproximadamente el doble de la frecuencia de las colisiones en comparación con todos los otros tipos de carretera; se identificaron 20 sitios principales de 2916 segmentos de carreteras, utilizando ambos métodos.

Para el percentil 90% identifica la presencia de terreno ondulado, con carreteras límites de velocidades de 40 kilómetros por hora, se asocia negativamente la presencia del terreno ondulado con el percentil 90% de accidentes; mientras en el percentil 95% presenta andén pavimentado y el límite de velocidad es de 50, 60 y 80 kilómetros por hora en el cuantil 97% identifica el terreno ondulado, carreteras con 50 y 60 kilómetros por hora.

#### **4.2. DESCRIPCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES.**

Parte de la información se extrajo de la tesis de grado “relación entre la geometría vial, volúmenes vehiculares y la velocidad sobre la influencia de accidentes” (Palacio y Espinel, 2013) específicamente las variables longitud de tramo, ancho de calzada, número de calzada, número de carril, número de intersecciones, número de paso peatonales, sentido de la vía, tipo de pavimento (pavimento rígido y pavimento flexible), uso del suelo y funcionalidad. La información que se actualizó corresponde a los volúmenes vehiculares y las mediciones de velocidades.

A continuación se presentan cada una de las variables que fueron medidas en campo, las variables asociadas a la geometría y las operacionales: longitud del tramo, ancho de calzada, número de calzada, número de carril, número de intersecciones, número de paso peatonal, sentido, tipo de pavimento rígido, tipo de pavimento flexible, uso del suelo, funcionalidad, volúmenes vehiculares y accidentes.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se hace una descripción de las variables tenidas en cuenta para la calibración de los modelos, donde presentaremos los valores encontrados el valor mínimo, el valor máximo, la media y la desviación estándar correspondiente a cada variable.

**Tabla 1 Estadísticas descriptivas de las variables, valores mínimos, máximos, media (promedio) y desviaciones estándar.**

Descripción	VARIABLES	Min	Max	Media	Desviación Estándar
<b>Geometría</b>					
LV	Longitud del tramo (mts)	230,5	4084,26	1244,9371	970,08763
AC	Ancho Calzada (mts)	5,5	10	6,52941	1,17886
NC	Número de Calzada	1	2	1,05882	0,24254
Nc	Número Carril	2	4	2,11765	0,48507
NI	Número Intersección	6	35	16,47059	7,80319
<b>Volumen vehicular</b>					
TPDL	Volúmenes de livianos	1008	21759	5630	4882,67359
TPDP	Volúmenes de pesados	1	674	196,470588	240,617725
TPDM	Volúmenes de motocicletas	4954	33449	11702,3529	6521,34473
<b>Velocidades</b>					
P_50	Percentil 50 (velocidad medio en kph)	22,62	56,6	30,61268	7,61318

FUENTE: Autor del proyecto

Para la longitud de los tramos se encontraron valores, un mínimo y máximo valor para los 15 tramos en estudio entre 230,5 mts y 4086,26 mts respectivamente. Para los volúmenes de tránsito se encontraron valores para el volumen de livianos, el volumen de pesados y el volumen de motocicletas, donde el mayor grado de dispersión lo arrojó la desviación estándar correspondiente a las motocicletas ( $DS = 6521,34473$ ). El valor promedio correspondiente a la velocidad P50 es igual a 30,61268, valor relacionado al encontrado por Palacio y Espinel (2013). Las variables que no tuvieron mayor dispersión con respecto al valor promedio fueron ancho de calzada, número de calzada, número de carril, número de intersección y la velocidad P50.

La recolección en campo de las variables volúmenes vehiculares y las mediciones de velocidades, se realizó con la ayuda de los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, durante los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes.

La recolección de información de los flujos vehiculares se realizó en el horario de 6:00 a 21:00 horas en los puntos específicos para cada tramo en estudio; diligenciando el respectivo para cada tramo donde se realizó el conteo de los diferentes tipos de vehículos (ver anexo 1) que transitaban en este periodo del día. Para el cálculo de las velocidades se llevaron a cabo en horas valle (horas comprendidas entre las 9:00 a 11:00 y de las 15:00 a 17:00 horas) se seleccionaron dos puntos dentro del tramo donde se ubicaban las personas encargadas de llenar el formato (ver anexo 2) que hacían uso de un cronómetro, donde se

registraba el número de placa del vehículo y el tiempo, luego estos datos se digitaban en una hoja de cálculo en Excel para encontrar los valores correspondientes.

La investigación se desarrolló con el estudio de 15 tramos viales de la ciudad de Ocaña, en la Tabla 2 se describe la ubicación de cada tramo.

**Tabla 2. Descripción de los tramos.**

Tramo	Descripción
1	VIA DESDE LA IGLESIA SAN RAFAEL HASTA EL PUENTE DE LA CARCEL LA MODELO
2	VIA DESDE EL PUENTE DE LA CARCEL HASTA LA ESQUINA DE TELECOM
3	VIA DESDE EL PARQUE TACALOA HASTA LA TIENDA SOL Y SOMBRA
4	VIA DESDE LA Y DE LA ONDINA HASTA LA DEFENSA CIVIL
5	LA AVENDIA FRANCISCO FERNANDES DE CONTRERAS VIA DESDE LA DEFENSA CIVIL HASTA LOS SEGUROS
6	VIA LA CIRCUNVALAR, DESDE LOS SEGUROS HASTA ACOLSURE
7	VIA DESDE ACOLSURE HASTA LA ENTRADA DEL BARRIO EL BAMBO
8	VIA DESDE LA ENTRADA DEL BARRIO EL BAMBO HASTA LA Y DE LA PALMITA
9	VIA DESDE LA Y DE LA PALMITA HASTA LA PANADERIA DIAGONAL AL COLEGIO JOSE EUSEBIO CARO
10	VIA DESDE ESQUINA DEL PARQUE SAN FRANCISCO HASTA LA Y DE LA PALMITA
11	VIA PRINCIPAL DEL BARRIO JUAN XIII Y EL BARRIO LOS LAGOS I, II Y III ETAPA
12	CALLE 11 DESDE EL PARQUE SAN FRANCISCO HASTA EL PARQUE SAN AGUSTIN
13	CALLE 10 DESDE EL PARQUE SAN AGUSTIN HASTA EL PARQUE SAN FRANCISCO
14	CALLE PRINCIPAL DEL BARRIO EL LLANO HASTA LOS SEMAFOROS DE LAS LLANADAS
15	VIA DESDE LOS SEGUROS HASTA EL PARQUE SAN AGUSTIN

FUENTE: Autor del proyecto

#### **4.3. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.**

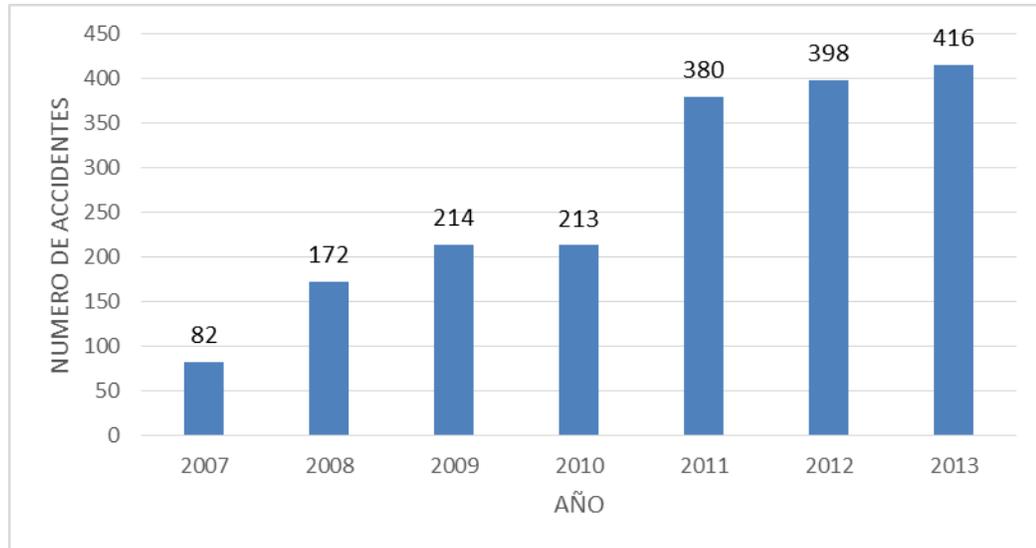
La conformación de la base de datos se llevó a cabo con la validación y recolección de la información mediante las entidades como bomberos voluntarios de Ocaña, Policía Nacional Colombiana seccional Ocaña y la Defensa Civil Colombiana seccional Norte de Santander Ocaña encargadas de atender y llevar a cabo el registro de los accidentes presentados en la ciudad, en la base de datos se encuentra información como: hora del accidente, fecha del accidente, edad de las personas, ubicación, personas involucradas, vehículos involucrados, persona herida, persona fallecida, fuente de información y tramo al que corresponde. La de datos tiene un registro de 1909 accidentes presentados desde el 17 de enero del 2007 al 31 de enero del 2014.

#### **4.4. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE ACCIDENTALIDAD.**

En este capítulo se realizará un análisis estadístico descriptivo de la accidentalidad, de la base de datos de accidentalidad encontrados en Ocaña, Norte de Santander con un total de

1909 registros de accidentes desde el Norte de Santander-Ocaña los cuales acumulan un total de 907 registros de accidentes entre el 17 de enero del 2007 al 31 de enero del 2014.

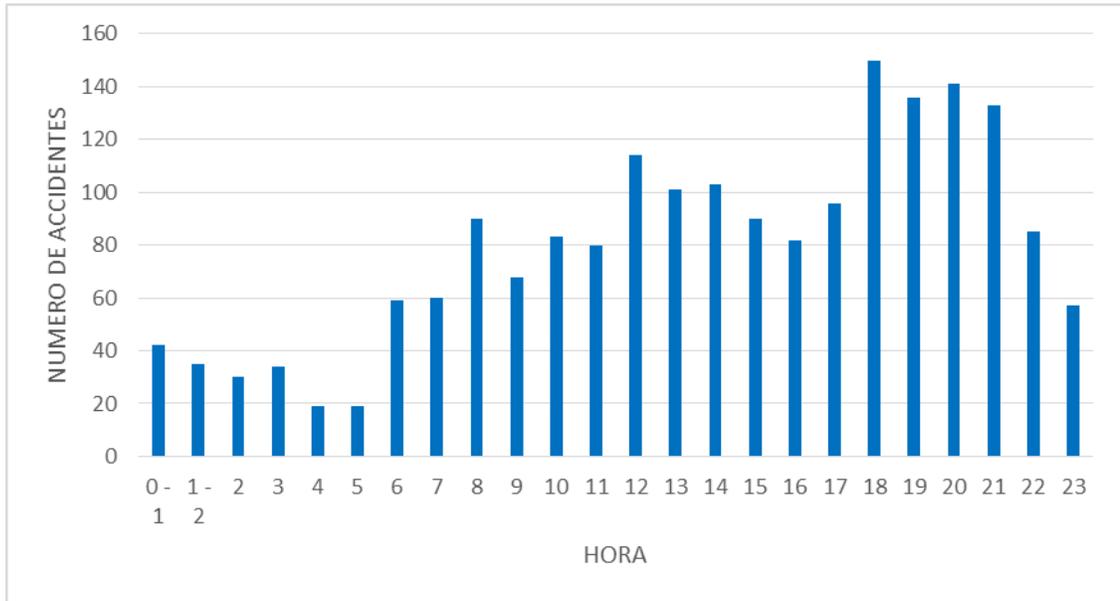
**Gráfico 1 Número de accidentes por año.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el GRAFICO 1, se observa que el número de accidentes comprendido entre el año 2007 y 2010 presentan un aumento significativo del 61%, en el período entre el año 2010 y 2011 se evidencia un aumento de 44%. En líneas generales, entre 2007 y 2011 hubo un aumento del 78%, presentando una aparente estabilidad comprendida entre el año 2012 y 2013 del 8%. Lo que evidencia que del año 2007 al año 2013 la accidentalidad en el municipio de Ocaña tuvo un aumento del 80%.

**Gráfico 2 Número de accidentes por hora.**

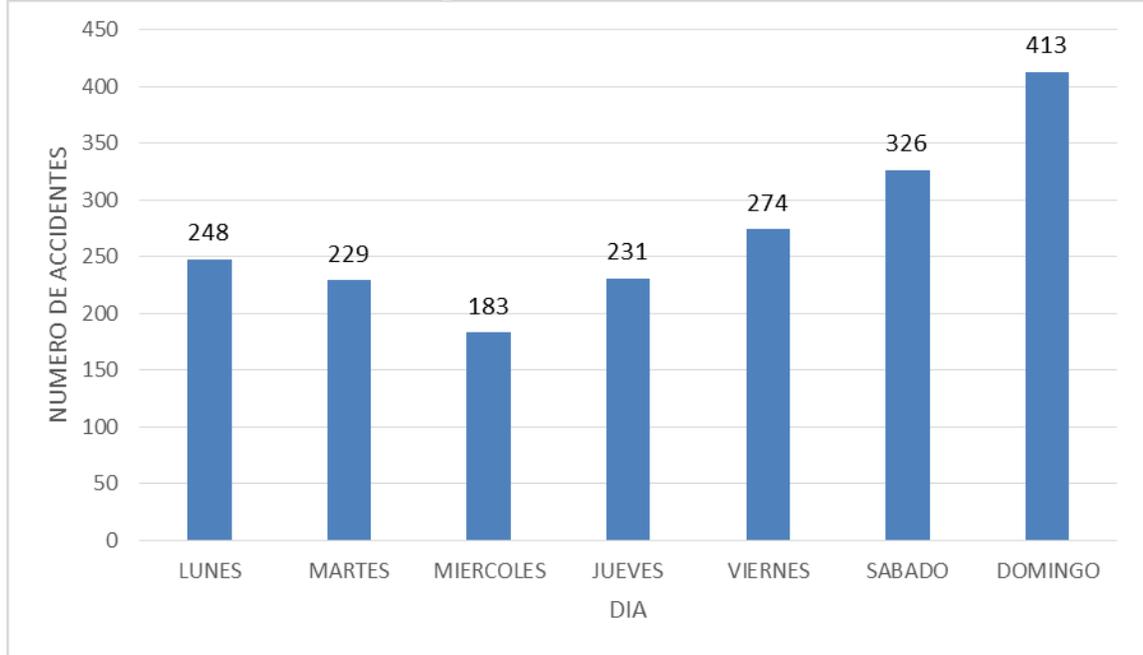


FUENTE: Autor del proyecto

En la relación entre la cantidad de accidentes y la hora del día, se observa unas horas representativas 8:00, 12:00 y 18:00 en los que se observan unos picos considerables para los periodos de la mañana, medio día y tarde. Durante el periodo de las 17:00 y 18:00 horas el aumento representa el 36%.

Se observa un periodo de alta accidentalidad entre las 18:00 y las 21:00 horas; igualmente se puede observar que en el período de las 12:00 y las 14:00 que posiblemente se debe a que es una hora donde se genera la entrada y salida de las personas de las instituciones educativas y sus trabajos. El menor número de accidentes se genera en el período de las 2:00 y 5:00 horas; como se puede observar en el GRAFICO 2

**Gráfico 3 Número de accidentes por Día.**

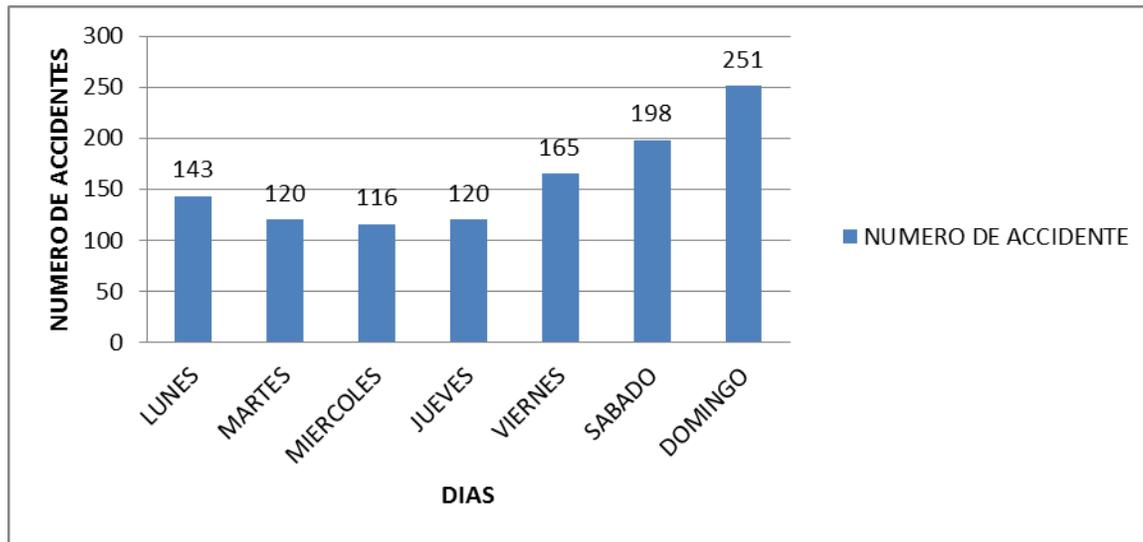


FUENTE: Autor del proyecto

En el GRAFICO 3, se observa que el número de accidentes por día comprendido entre el año 2007 y 2013 presentan un descenso en el período de lunes a miércoles y luego se observa un aumento considerable del día miércoles al día domingo. El registro de mayor accidente se observa en los días viernes, sábado y domingo, el cual se puede deber al fin de semana donde el consumo de bebidas alcohólicas aumenta y se presentan eventos en los diferentes establecimientos públicos. Lo que evidencia que el día donde se presenta un menor registro de accidentes es el día miércoles

En la ciudad de Ocaña se implementó el decreto 072 del 17 de febrero del 2012 que consistía que los días miércoles no había circulación de motos en la ciudad de Ocaña, este decreto tiene una duración entre el 17 de febrero del 2012 hasta 17 de febrero del 2013. Decidimos hacer un paralelo antes, durante y después de la implementación del decreto.

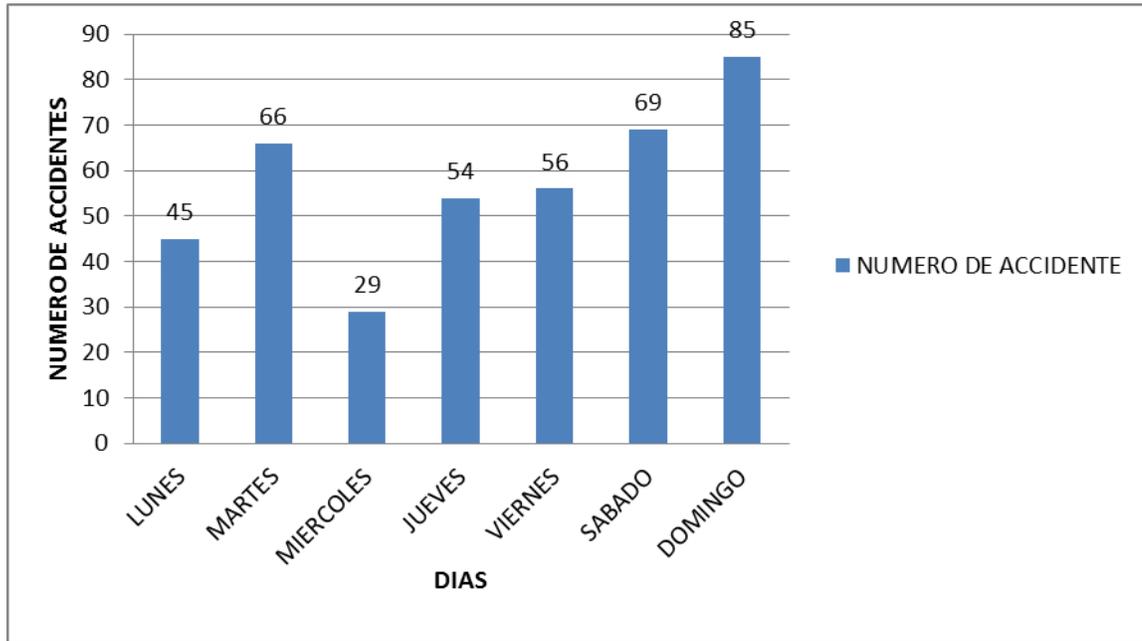
**Gráfico 4 Número de accidentes por Día, antes del decreto.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el gráfico 4, se registran los accidentes presentados durante el 14 de marzo del 2007 hasta el 17 de febrero del 2012, periodo anterior a la implementación del decreto, se observa una tendencia de crecimiento de los días miércoles a domingo; notar que la tendencia de este gráfico es similar a la presentada en el Gráfico 3.

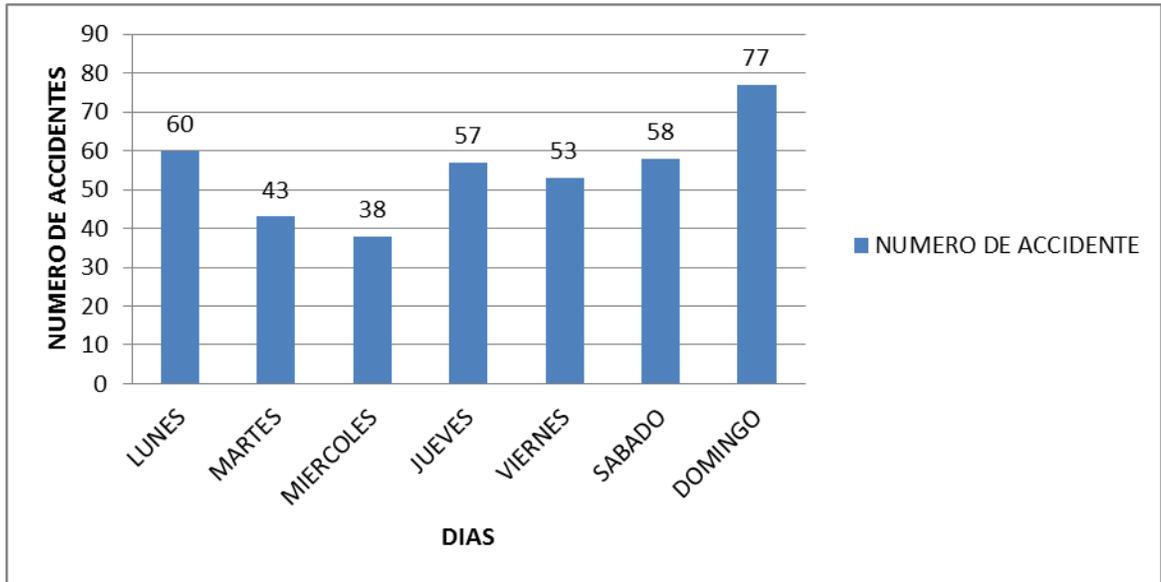
**Gráfico 5 Número de accidentes por Día, durante el decreto.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el gráfico 5, se muestran los registros de accidentalidad del periodo comprendido entre el 17 de febrero del 2012 hasta el 17 de febrero de 2013, se observa un crecimiento en los eventos de accidentes los días martes donde registra un total de 66 accidentes tres accidentes menos comparados con el día sábado, probablemente se debe a que en este periodo se había implementado el decreto del día miércoles sin moto lo que hace que el uso de la moto el día martes seguramente asociados a realizar las diligencias y/o trabajos este día dado que el día miércoles no se podía; el aumento presumible de actividades el día martes pudo ocasionar mayor circulación de motos generando así un número representativo de accidentes en este día.

**Gráfico 6 Número de accidentes por Día, después del decreto.**

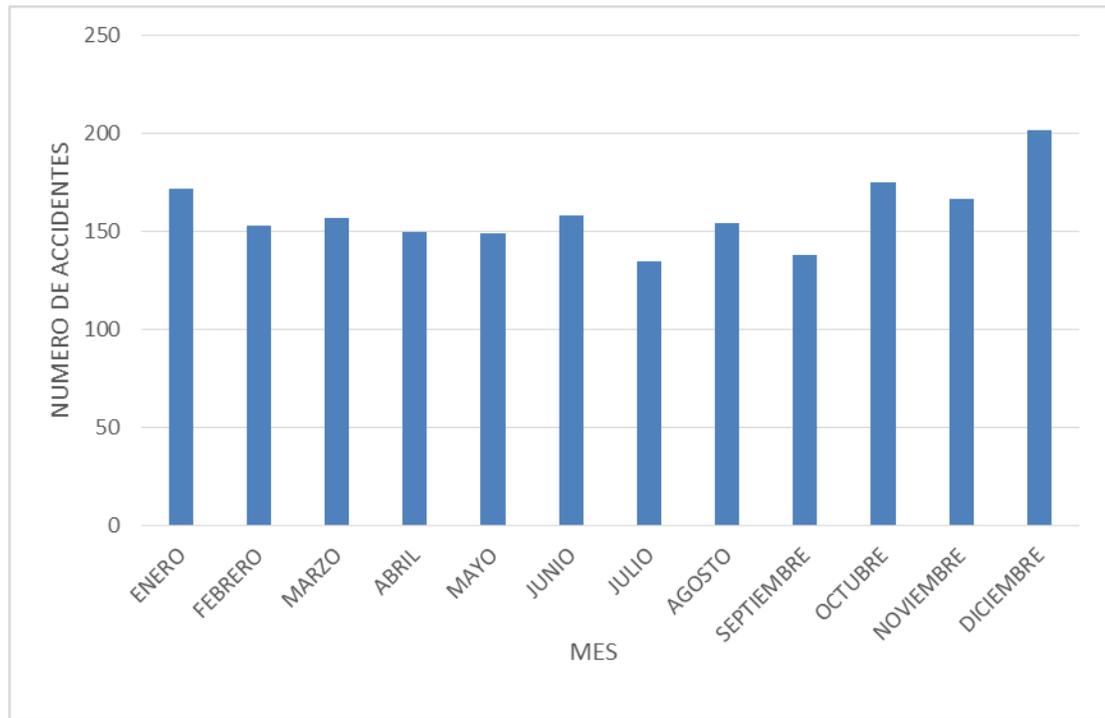


FUENTE: Autor del proyecto

En el Gráfico 6, se observa el registro del periodo del 17 de febrero del 2013 al 31 de enero del 2014, con un punto de inflexión que sigue siendo el día miércoles donde sigue registrando el menor número de accidentes en toda la semana y el mayor número de accidentes se presenta los fines de semana y un crecimiento del día miércoles al día domingo.

Estos análisis indican que dicho decreto no disminuyó la accidentalidad los días miércoles, por el contrario aumento este tipo de fenómeno los días miércoles.

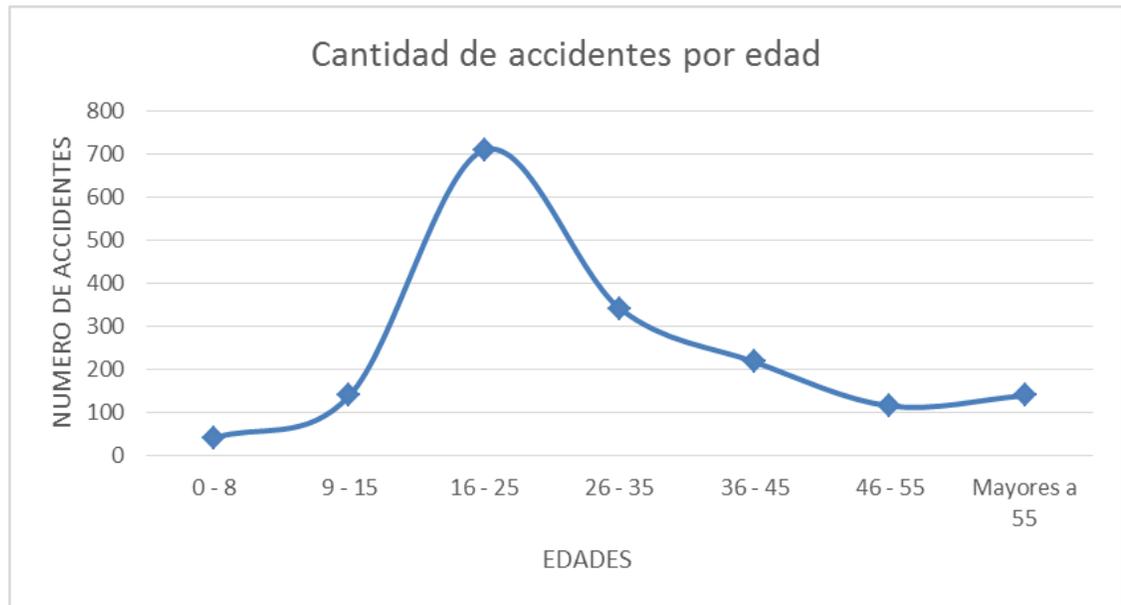
**Gráfico 7 Número de accidentes por Mes.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el Grafico 7, se observa que el número de accidentes por mes no muestra una tendencia bien definida; los meses con mayor número de accidentes registrados son enero, octubre y diciembre, en los meses restantes se presentan valores variables. En el periodos Junio, Julio y Agosto un punto de inflexión en el mes de Julio que corresponde a una disminución del 15%. El mes de diciembre registra el mayor número con 202 accidentes, los cuales pueden estar asociados a que es la época navideña de fiesta y a la cantidad de población flotante que nuestro municipio recibe.

**Gráfico 8 Número de accidentes por Edades.**

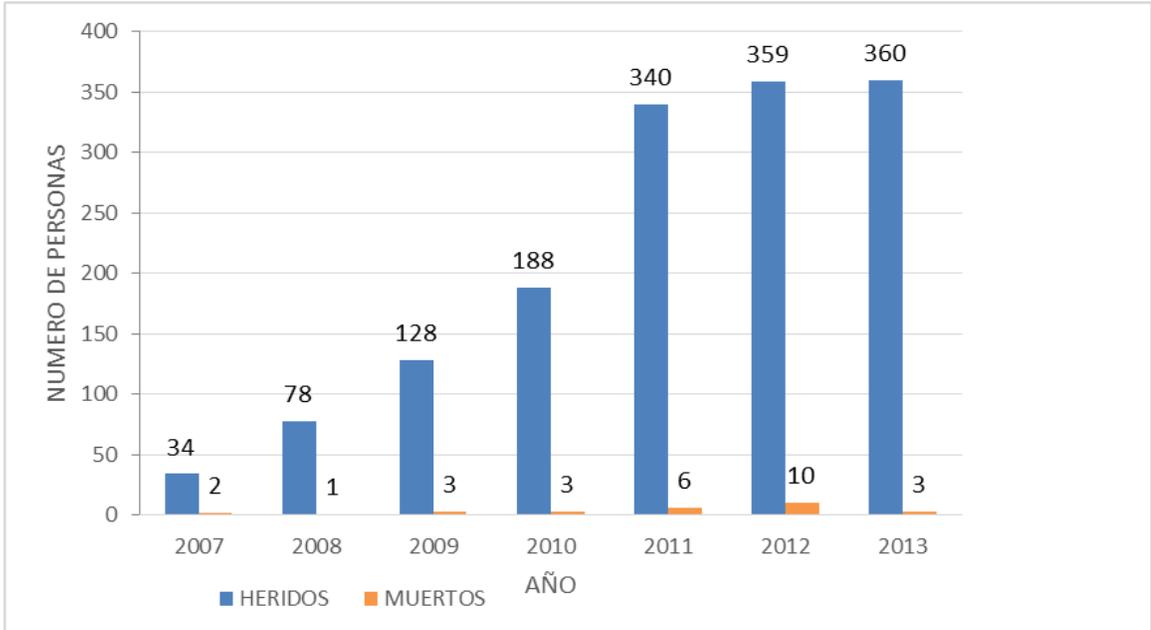


FUENTE: Autor del proyecto

En el Gráfico 8, se observa un pico pronunciado correspondiente al mayor número de accidentes que pertenece a las edades comprendidas entre los 16 y 25 años registrando un número de 709 accidentes. Las poblaciones menos afectadas son las comprendidas entre los rangos de edades de 0 a 8 años y de 46 a 55 años.

Es evidente que la población más afectada por la causa de accidentes es la población entre los 16 y 25 años acorde a la evidencia encontrada por Uron y Alvernia (2012) donde se muestra que los accidentes viales, tienden a hacer más frecuentes en la población joven entre las edades de 14 a 30 años. Al contrario de niños y mayores de edad los cuales presentan un menor registro de accidentes en los que se ven involucrados.

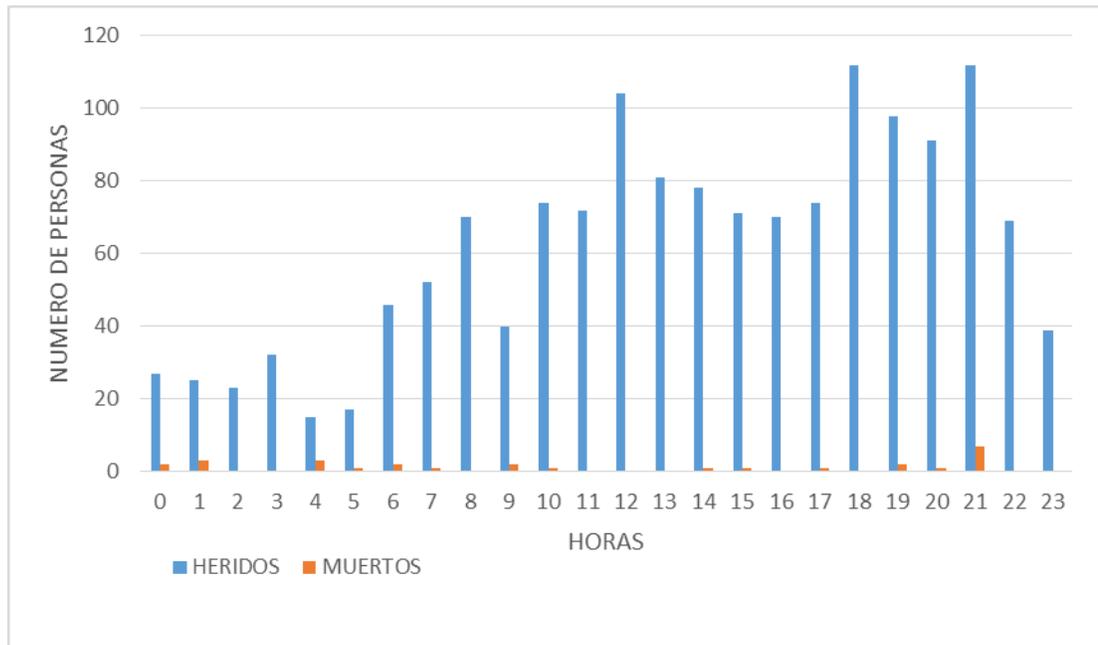
**Gráfico 9 Número de personas involucradas por año.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el, Se observa una tendencia de crecimiento con respecto al número de heridos, observamos en los años 2007 a 2011 aumentos considerables entre un año y otro en el número de heridos; esta tendencia se puede deber al crecimiento del parque automotor en la ciudad, al aumento de velocidades y a la imprudencia de los conductores. Mientras el aumento del año 2012 al 2013 fue de solo una persona herida. También se observa que los años que registraron mayor número de muertos fueron los años 2011 y 2012.

**Gráfico 10 Número de personas involucradas por Hora.**



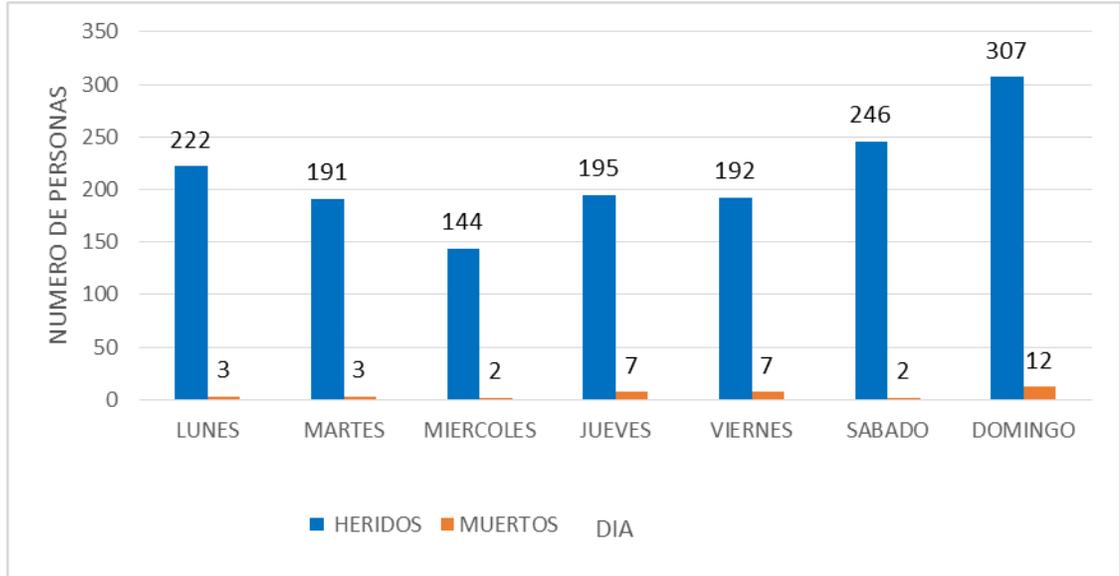
FUENTE: Autor del proyecto

La cantidad de heridos y muertos como se puede evidenciar en el gráfico 9, se observa que entre las 18:00 y 21:00 horas hay un pico representativo, pero es curioso ver que a las 21:00 horas es donde se presenta la mayor cantidad de muertos con respecto al resto del día y coincide que en esta hora es donde hay mayor cantidad de accidentes. Como se muestra en el Gráfico 10.

Es curioso que en la hora 12:00 se presenta un pico, se resalta, cosa que no es muy evidente en la cantidad de muertos, es decir que normalmente en la hora 12:00 hay mayor cantidad de heridos con respecto a la cantidad de accidentes, comportamiento que entre las 12:00 y 13:00 horas es donde hay mayor cantidad de flujo vehicular sobre las vías urbanas pues la gente viene del trabajo hacia sus lugares de residencia lo que genera que suba la cantidad de heridos con respecto a la accidentalidad.

Interesante que aunque conocemos los registros previos de gráficos anteriores que la cantidad de accidentes es baja en las horas de la madrugada entre las 00:00 y 2:00 horas se observa un número considerable de muertos que se puede deber a los fines de semana y en estas horas de la madrugada las personas están bajo el consumo de bebidas alcohólicas o sustancias alucinógenas. Lo que evidencia que la mayor cantidad de muertos ocurre donde se presenta la mayor cantidad de accidentes y el número de heridos.

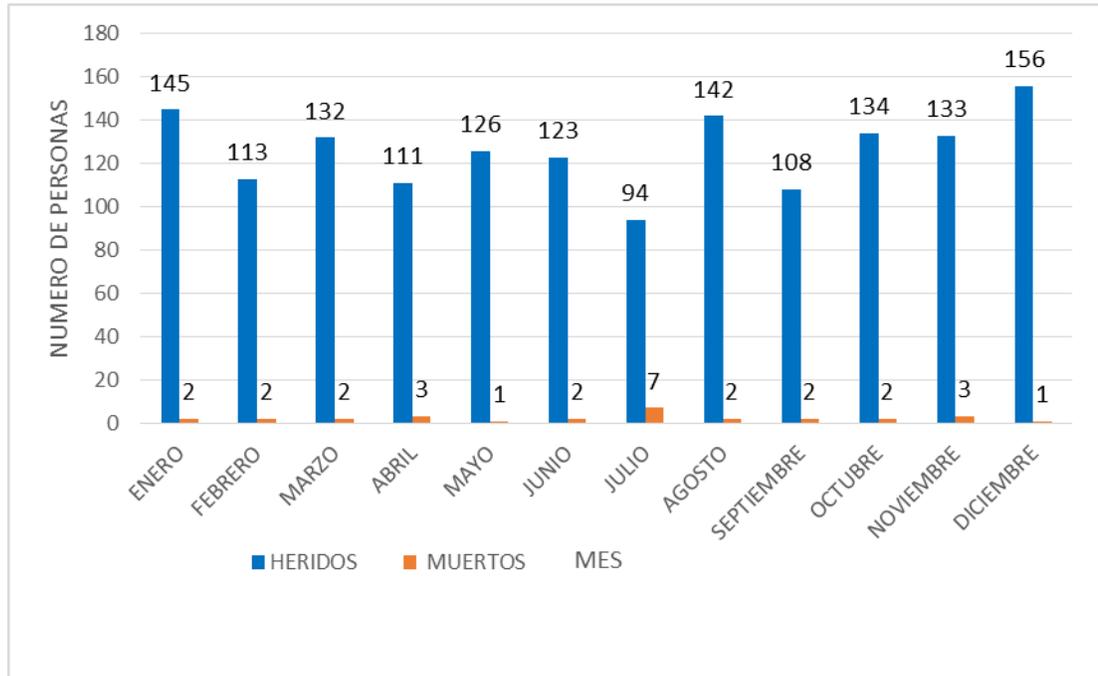
**Gráfico 11 Número de personas involucradas por Día.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el Gráfico 11, se observa la relación entre número de heridos y muertos por día, este gráfico muestra tendencia descendente (entre lunes y martes) y ascendente (entre jueves y domingo) con un punto de influencia con el menor registro de heridos 144 que pertenece al día miércoles. Se resalta que el día domingo es el día con mayor cantidad de muertos y heridos, seguido por el día sábado donde presumiblemente se ve influenciado por las actividades con influencia de alcohol asociadas al fin de semana. Lo que evidencia un número de accidentes proporcional al número de heridos y ratifica lo observado en gráficos anteriores donde se muestra que en el día miércoles se observa la menor cantidad de accidentes, al igual que la menor cantidad de muertos y heridos.

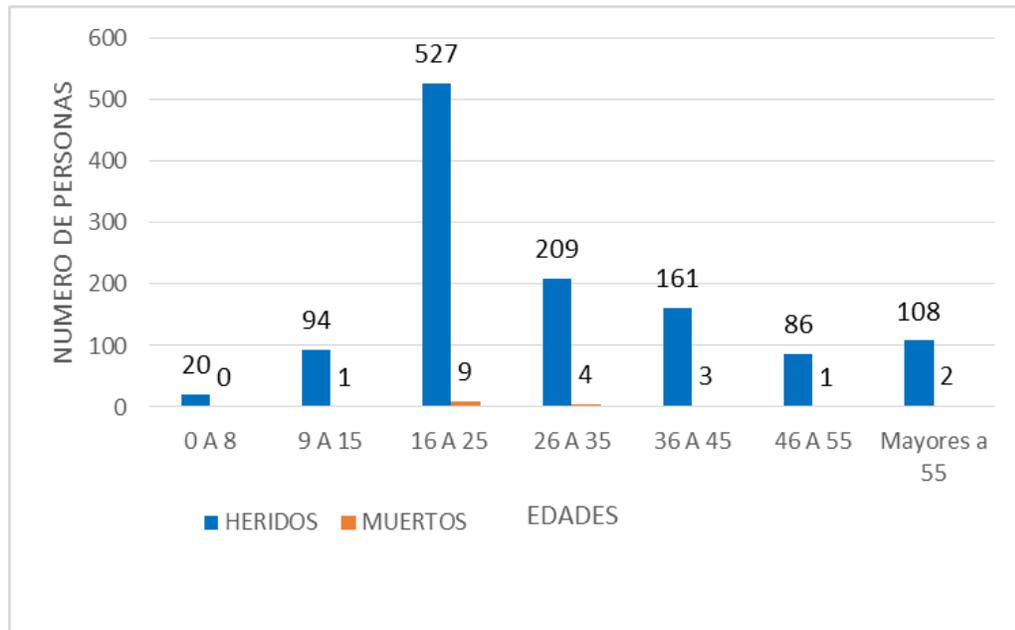
**Gráfico 12 Número de personas involucradas por Mes.**



FUENTE: Autor del proyecto

En el Gráfico 12, se observa una tendencia no muy definida. Existe un aumento de las personas involucradas del 34% del mes de julio al mes de agosto. Algo curioso es ver que el mes de Julio presenta 94 accidente, la menor cantidad registrados durante todo el año, pero al mismo tiempo es el mes donde se registra el mayor número de personas muertas con relación a todos los meses, mientras que el mes que presenta más heridos es el mes de Diciembre y registra solo una persona muerta.

**Gráfico 13 Número de personas involucradas por Edades.**



FUENTE: Autor del proyecto

El Gráfico 13, muestra una tendencia con un pico pronunciado con 527 personas involucradas un valor bastante representativo en comparación con las otras edades, se observa una relación entre el número de accidentes proporcional al número de heridos, se observa que la población más afectada por los accidentes de tránsito es la población joven comprendida entre el rango de 16 a 25 años; mientras que el rango de edades comprendidas entre 0 a 8 años son los menos afectados en el número de heridos solo 20 personas y con un valor de 0 en el registro de muertos. Los resultados van acorde a los mostrados en el gráfico de número de accidentes.

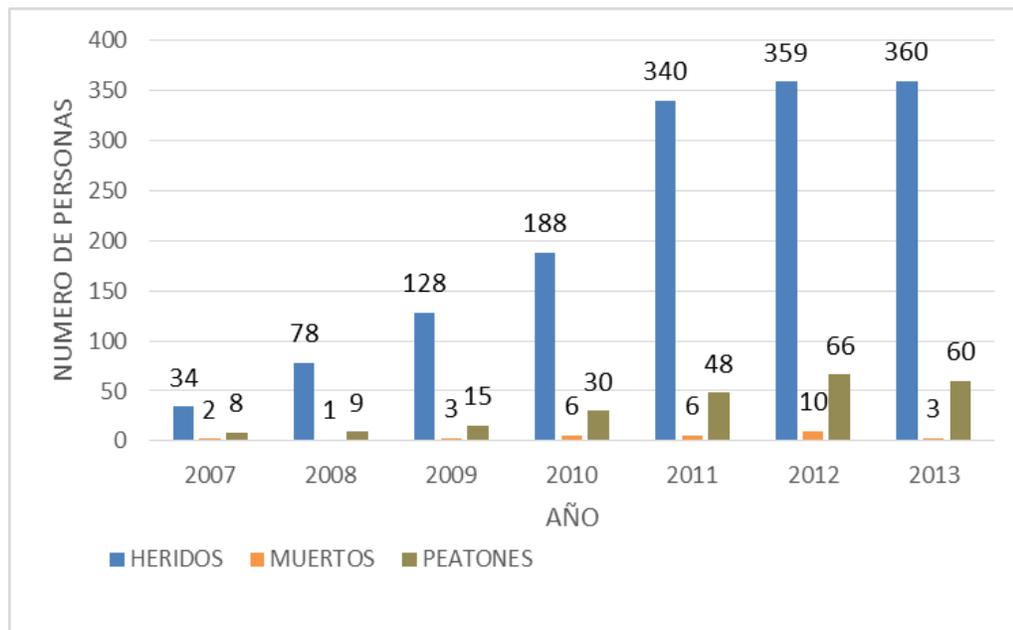
Lo que evidencia que la población más afectada es la población joven y se corrobora con lo que dice la OMS que uno de los hechos que más preocupa en los accidentes de tránsito es que "la primera causa de mortalidad entre jóvenes de 10 a 24 años sean los accidentes de tránsito."<sup>5</sup>

---

5

[http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/A/accidentes\\_de\\_transito\\_son\\_mas\\_letales\\_que\\_la\\_violencia/accidentes\\_de\\_transito\\_son\\_mas\\_letales\\_que\\_la\\_violencia.asp](http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/A/accidentes_de_transito_son_mas_letales_que_la_violencia/accidentes_de_transito_son_mas_letales_que_la_violencia.asp)

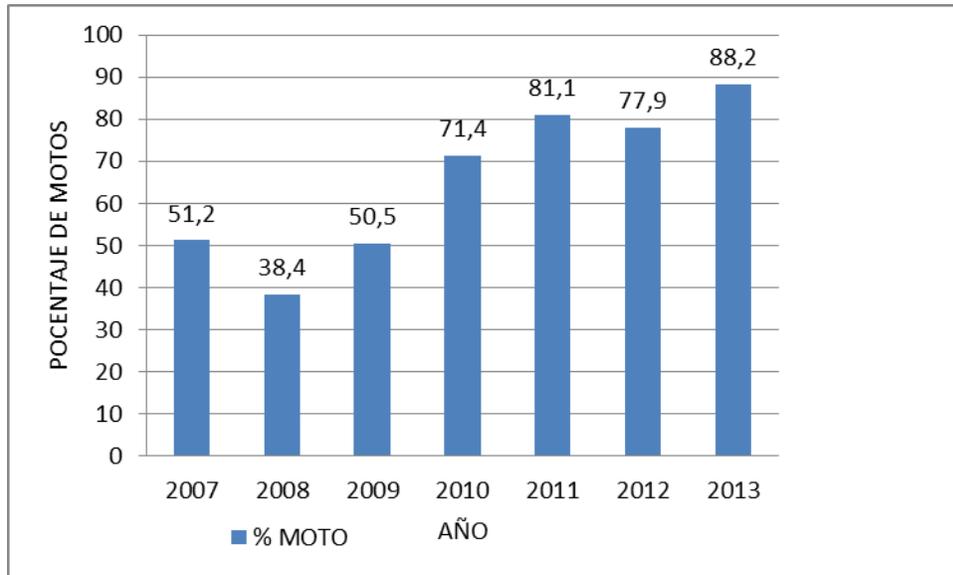
**Gráfico 14 Número de personas involucradas por año.**



FUENTE: Autor del proyecto

La tendencia del grafico es en aumento durante todos los años analizados, donde se describe el número de heridos, número de muertos y número de peatones involucrados en los accidentes durante los 7 años de estudio; se evidencia que durante los últimos tres años se presenta un aumento considerable con los años anteriores, mostrando a los años 2011,2012 y 2013 con el mayor registro de personas heridas, personas muertas y donde la vulnerabilidad al riesgo e involucramiento por parte del peatón es alta, como se observa en el Grafico 14.

**Gráfico 15 Número de Motos involucradas por año.**



FUENTE: Autor del proyecto

El muestra porcentaje en los cuales por lo menos una moto o más se ve involucrado en accidentes. En principio se observa un descenso del 25% entre el año 2007 y 2008, pero a partir del año 2009 la tendencia de crecimiento es evidente, ratificando que el vehículo más peligroso es la moto; el promedio entre los años 2007 y 2013, en el 66% de los casos por lo menos una moto se ve involucrada en eventos de accidentes. Se evidencia que en los últimos cuatro años el promedio de los casos por los cuales está involucrada 1 moto en un evento de accidente es de 80%.

#### **4.5. ESTIMACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO, REGRESIÓN CUANTIL.**

A partir del modelo se determinó que para el cuantil 95 las variables que influyen en la determinación de sitios críticos de accidentes fueron: longitud del tramo, ancho de calzada, número de carril, número de intersecciones, volumen total y velocidad (percentil 50); la constante aunque dio un valor alto, no es significativa dentro del modelo. Para que una variable sea significativa el valor del test de bondad de ajuste, para nuestro caso el *test\_t*, debe estar fuera del rango (de -1.96 a 1.96). Para el modelo del cuantil 50 las variables estimadas fueron: número de carril, número de intersecciones, volumen total y velocidad (percentil 50).

El modelo estimado mediante la Regresión Cuantil se muestra en la **Tabla 3 para el cuantil 95.**

**Tabla 3. Modelo de regresión cuantil estimación de parámetros Cuantil 95.**

Accidentes	Coficiente	Error Estándar	t	p> t	95% Confianza	Intervalo	de
------------	------------	----------------	---	------	------------------	-----------	----

Longitud	0,05091	0,00151	33,720	0,0000	0,04743	0,05440
Ancho	30,42528	1,52355	19,970	0,0000	26,91197	33,93859
Carril	-86,1480	3,53016	-24,403	0,0000	-94,28857	78,00746
Intersección	-0,40492	0,11866	-3,412	0,0092	-0,67855	-0,13129
Volumen	0,00701	0,00014	48,527	0,0000	0,0066	0,00735
P_50	-2,10425	0,13282	-15,843	0,0000	-2,41054	-1,79797
Constante	-24,13314	15,21712	-1,586	0,1514	-59,22387	10,95760

FUENTE: Autor del proyecto

A continuación se presenta el mismo análisis por regresión cuantil para el cuantil 50 en la Tabla 4.

**Tabla 4. Modelo de regresión cuantil estimación de parámetros Cuantil 50.**

Accidentes	Coefficiente	Error Estándar	t	p> t	95% Intervalo de Confianza	
Carril	-1,58E+02	60,09974	-2,635	0,0249	-2,92E+02	-24,48178
Intersección	2,56292	2,06953	1,238	0,2438	-2,04828	7,17411
Volumen	0,01074	0,00291	3,694	0,0042	0,00426	0,01723
P_50	4,08550	1,65614	2,467	0,0333	0,39539	7,77562
Constante	50,89611	102,64563	0,496	0,6307	-1,78E+02	279,60482

FUENTE: Autor del proyecto.

En el análisis de resultados para el cuantil 95 fue posible calibrar un modelo, es de resaltar la gran significancia estadística de todas las variables evaluadas longitud del tramo, ancho de calzada, número de carril, número de intersecciones, volúmenes vehiculares y la velocidad (percentil 50) tuvieron una alta significancia estadística .

La longitud dio un coeficiente de 0,05091 con signo positivo lo que indica que a mayor longitud mayor cantidad de accidentes como se explica en (Rangel, et al. 2013; Wang, et al. 2011; Garcés, 2010; Caliendo, et al. 2007), el ancho de la calzada su valor es de 30,42528 con signo positivo indica que entre más ancho sea la calzada se presentará mayor cantidad de accidentes siguiendo lo establecido por Noland y Oh (2004), Chang (2005), Milton y Mannering (1998) , caso contrario se presenta con la variable carril con un valor de -86.1480 con signo negativo lo que indica que a menor número de carriles aumenta el número de accidentes ;un aspecto curioso fue lo hallado respecto a la variable intersección, lo que se espera que el valor sea positivo, sin embargo para nuestro el modelo nos dio un valor de -0,40492 con signo negativo significa que a menor número de intersecciones mayor cantidad de accidentes. Respecto a los volúmenes vehiculares el parámetro estimado fue igual a 0,00701 valor con signo positivo, lo cual va acorde a lo encontrado en el estado del arte, mostrando una relación directamente proporcional a la cantidad de accidentes. El parámetro asociado a la velocidad fue de -2,10425 signo negativo que indica que es inversamente proporcional a la cantidad de accidentes va acorde con lo obtenido por Navon (2203) y Rangel. Et. At (2013).

El análisis anterior se realizó para el cuantil 50, es de resaltar la gran significancia estadística de todas las variables evaluada número de carril, número de intersecciones, volúmenes vehiculares y la velocidad (percentil 50), las cuales tuvieron significancia estadística.

La variable número de carril su valor es de  $-1,58E02$  con signo negativo indica una relación inversamente proporcional a la cantidad de accidentes, el número de intersecciones dio un coeficiente de  $2,56292$  con signo positivo lo que indica que a mayor intersecciones mayor cantidad de accidentes lo que queda en evidencia con lo establecido por Hosseinpour, et al. (2014), Ivan y O'Mara (1997), Garcés (2010), el valor de los volúmenes vehiculares dio  $0,01074$  valor con signo positivo como nos indica que son directamente proporcionales a la cantidad de accidentes según lo estudiado por Hosseinpour, et al. (2014), el valor de la velocidad  $4,08550$  valor positivo que indica que a mayor velocidad mayor cantidad de accidentes.

#### 4.6. DETERMINAR LOS SITIOS CRÍTICOS.

Siguiendo el criterio de Qin *et al* (2010) donde para poder determinar si un sitio es crítico o no, se basa en que los valores de los accidentes observados deben ser mayor a los valores obtenidos a partir del modelo, es decir, un sitio se clasificó como crítico si el número de accidentes observados es mayor al número de accidentes obtenidos por el modelo. Realizado este análisis se presenta la Tabla 5 en el que se hace la evaluación con la información para los 15 tramos con el cuantil 95.

**Tabla 5. Clasificación de los tramos, Cuantil 95.**

Sitio-Tramo	Acc. Observados	Acc. Modelados	Estado
1	52,9659	53	crítico
2	87,8323	42	No crítico
3	28,9808	29	crítico
4	237,9267	238	crítico
5	187,8619	188	crítico
6	200,9477	201	crítico
7	102,3489	45	No crítico
8	121,6128	19	No crítico
9	28,9650	29	crítico
10	12,9008	4	No crítico
11	80,3901	54	No crítico
12	54,5957	26	No crítico
13	67,0795	48	No crítico
14	19,9722	20	crítico
15	220,2391	180	No crítico

FUENTE: Autor del proyecto.

Realizando el mismo procedimiento anteriormente mostrado se realizó el análisis para el cuantil 50, como se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6. Clasificación de los tramos, Cuantil 50.**

Sitio-Tramo	Estado
1	critico
2	No critico
3	critico
4	critico
5	critico
6	critico
7	No critico
8	No critico
9	critico
10	No critico
11	No critico
12	No critico
13	No critico
14	critico
15	No critico

FUENTE: Autor del proyecto.

Para el cuantil 95 los tramos críticos fueron el tramo 1 correspondiente desde la iglesia de san Rafael hasta el puente de la cárcel la modelo, tramo 3 desde el parque tacaloea hasta la tienda sol y sombra, tramo 4 desde la Y de la ondina hasta la defensa civil , tramo 5 desde la avenida Francisco Fernández de Contreras hasta los seguros, tramo 6 desde los seguros hasta acolsure, tramo9 desde la Y de la palmita hasta la panadería diagonal al colegio José Eusebio Caro y el tramo 14 que corresponde desde la calle principal del barrio el llano hasta los semáforos de las llanadas. Los tramos críticos para el cuantil 50 fueron el tramo 1 correspondiente desde la iglesia de san Rafael hasta el puente de la cárcel la modelo, tramo 3 desde el parque tacaloea hasta la tienda sol y sombra, tramo 9 desde la Y de la palmita hasta la panadería diagonal al colegio José Eusebio Caro, tramo 10 desde la esquina del parque san Francisco hasta la Y de la palmita y el tramo 15 que corresponde a la vía que va desde los seguros hasta el parque san Agustín.

A realizar un análisis de los resultados de los cuantiles se observa que existen tres tramos en común en los dos modelos, aunque se calibraron para diferentes cuantiles se encontró que tres de los sitios arrojaron un mismo rango que fueron el tramo 1 correspondiente desde la iglesia de san Rafael hasta el puente de la cárcel la modelo, tramo 3 desde el parque tacaloea hasta la tienda sol y sombra y el tramo 9 desde la Y de la palmita hasta la panadería diagonal al colegio José Eusebio Caro 9.

A continuación se realizará una descripción de los tramos viales en estudio que fueron clasificados como críticos para el cuantil 95 y el cuantil 50:

**Fotografía 1 Tramo 1: Vía desde la iglesia de San Rafael hasta el puente de la cárcel la modelo.**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 2 Tramo 3: Vía desde del parque Tacaloa hasta la tienda sol y sombra.**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 3 Tramo 4: Vía desde la Y de la ondina hasta la defensa civil.**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 4 Tramo 5: Vía la avenida Francisco Fernández de Contreras desde la defensa civil hasta los seguros; sentido norte-sur**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 5 Tramo 5: Vía la avenida Francisco Fernández de Contreras desde la defensa civil hasta los seguros; sentido sur-norte**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 6 Tramo6: Vía la circunvalar desde los seguros hasta acolsure.**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 7 Tramo 9: Vía desde la Y de la palmita hasta la panadería diagonal al colegio José Eusebio Caro.**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 8 Tramo 14: Vía desde la calle principal del barrio el llano hasta los semáforos de las llanadas.**



FUENTE: Autor del proyecto.

**Fotografía 9 Tramo 10: Vía desde la esquina del parque san francisco hasta la Y de la palmita**



FUENTE: Autor del proyecto.

**4.7. ELABORACIÓN DEL RANKING DE PELIGROSIDAD.**

Para la elaboración del ranking de peligrosidad de los tramos en estudios, se realizó solo para los tramos que fueron clasificados como críticos; la clasificación de los sitios se basó en la diferencia de los cuantiles, es decir la diferencia del valor de los accidentes observados Vs el valor de los accidentes modelados, el ranking se realiza ordenando de mayor a menor la diferencia de los cuantiles.

En la Tabla 7 se muestra el ranking de los siete tramos para el cuantil 95 de la siguiente manera tramo 5, tramo 4, tramo 6, tramo 9, tramo 1, tramo 14 y tramo 3.

**Tabla 7. Ranking de peligrosidad, Cuantil 95.**

Ranking	Sitio-Tramo	Diferencia Cuantil 95
1	5	0,1381309219
2	4	0,0733388421
3	6	0,0522539660
4	9	0,0350421209
5	1	0,0340677809
6	14	0,0277969254
7	3	0,0191625818

FUENTE: Autor del proyecto.

El mismo procedimiento se registra en la Tabla 8 que muestra el ranking de los cinco tramos para el cuantil 50 de la siguiente manera tramo 3, tramo 10, tramo 1, tramo 15, tramo 9.

**Tabla 8. Ranking de peligrosidad, Cuantil 50.**

Ranking	Sitio-Tramo	Diferencia cuantil 50
1	3	97,8323
2	10	27,1526
3	1	25,5810
4	15	10,1997
5	9	5,6928

FUENTE: Autor del proyecto.

## CONCLUSIONES

Fue posible identificar los sitios críticos o propensos a accidentes utilizando el método de regresión cuantil en Ocaña.

A partir del estado del arte realizado es posible encontrar evidencia del uso de la regresión cuantil en la identificación de sitios de accidentes, cuales son las variables que se deben tener en cuenta. Los autores han encontrado muy poca evidencia del uso de esta técnica en la identificación de sitios críticos a accidentes, por lo tanto este documento constituye un aporte importante que muestra evidencia adicional a la poca ya existente sobre el uso de regresión cuantil en la identificación de accidentes.

Se logró conformar una base de datos con las características operacionales y geométricas para cada tramo en estudio y otra base de registros de accidentes que tiene los registros desde el 17 de enero del 2007 hasta el 31 de enero de 2014, con un total de 1909 registros con las que se obtuvieron modelos consistentes.

Se pudo determinar a partir del modelo de regresión cuantil para el cuantil 95 las variables longitud del tramo, ancho de calzada, número de carril, número de intersecciones volúmenes vehiculares y la velocidad (percentil 50) son variables significativas que afectan el número de accidentes. Con respecto al modelo del cuantil 50 se encontró que las variables número de carril, número de intersecciones volúmenes vehiculares y la velocidad (percentil 50) son variables significativas.

Se calibraron dos modelos a partir de la regresión cuantil un modelo con el cuantil 95 y un modelo con el cuantil 50 (mediana), los cuales arrojaron que los sitios críticos para el cuantil 95 son el tramo 1, tramo 3, tramo 4, tramo 5, tramo 6, tramo 9, tramo 14 y para el cuantil 50 son el tramo 1, tramo 3, tramo 9, tramo 10, tramo 15. Es de resaltar que haciendo en análisis para diferentes cuantiles hay sitios que coinciden que son el tramo 1, el tramo 3 y el tramo 9.

Fue posible establecer un ranking de peligrosidad de sitios críticos o propensos a accidentes a partir del modelo de regresión cuantil, donde se obtuvo que para el modelo del cuantil 95 el ranking de peligrosidad es tramo 5, tramo 4, tramo 6, tramo 9, tramo 1, tramo 14 y tramo 3, mientras que para el cuantil 50 es tramo 3, tramo 10, tramo 1, tramo 15, tramo 9.

Futuras investigaciones pueden tener en cuenta otras variables que no fueron tenidas en cuenta en este estudio como variables ambientales, gravedad de los accidentes, modelos de variables de respuesta número de muertos, modelos de variables de respuesta número de heridos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAL, Rafael y R, Mayor CÁRDENAS G, James. Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones, 8ª edición México D.F., Alfaomega grupo editor S.A. de C.V.

ZAMBRANA GUTIÉRREZ, Luis Enrique. Determinación de los sitios de mayor accidentalidad vial en vehículos de motor de cuatro o más ruedas, área urbana del municipio de León. Tesis de grado, Nicaragua 2010.

ACERO VELÁSQUEZ, Hugo. et al. La seguridad vial un problema de política pública. In. Washington Dc. Organización panamericana de la salud. 2004.

DEFINICIÓN DE ACCIDENTE. [En línea]. [Citado el 17 de Diciembre de 2013]. Disponible en Internet: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Accidente>>

CAL, Rafael y R, Mayor CÁRDENAS G, James. Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones, 8ª edición México D.F., Alfaomega grupo editor S.A. de C.V.

HERNANDEZ, Mario. Transcripción del índice de accidentalidad vial en el departamento de Tolima. Artículo, Tolima 2013.

Mejía Ch, Edwin F., Índice de accidentalidad vial en Colombia, Noticia, 2012

Cámara de comercio de Bogotá. Observatorio de movilidad. Boletín de accidentalidad vial. Universidad de Los Andes. Bogotá.2004

Rodríguez Carol. Propuesta sobre prevención de accidentes de tránsito a docentes de las escuelas saludables del municipio de Iribarren, estado Lara. Tesis de grado. Barquisimeto. 2008.

QIN, Xiao - NG, Marie - REYES, Perla E. Identifying crash-prone locations with quantile regression [Paper]. Department of Civil and Environmental Engineering, south Dakota State University, CEH 148, Box 2219, Brookings, SD 57006, United States (2010)

Mathews Avenue, Urbana, IL 61801, United States

GLOSARIO DE TÉRMINOS. [En línea]. [Citado el 17 de Diciembre de 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.rastreator.com/seguros-de-vida/guías/glosario-seguros-de-vida.aspx>>

HERNANDEZ, Mario. Transcripción del índice de accidentalidad vial en el departamento de Tolima. Artículo, Tolima 2013.

DEFINICIONES. [En línea]. [Citado el 17 de Diciembre de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

Liu, Xiang – Saat, M.Rapik – Qin, Xiao – Barkan, Cristopher P.L. Analysis of U.S freight-train derailment severity using zero-truncated negative binomial regression and quantile regression[paper]. Rail Transportation & Engineering Center (RailTEC), University of Illinois at Urbana-Champaign, Newmark Civil Engineering Laboratory, 205 North (2013)

Hewson, Paul. Quantil regression provides a fuller analysis of speed data [paper]. School of Mathematics and Statistics, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, United Kingdom (2007).

Washington, Simon – Haque, Md. Mazharul – Oh, Jutaek – Lee, Dongmin. Applying quantile regression for modeling equivalent property damage only crashes to identify accident blackspots [paper] (2014).

WANG, C., QUDDUS, M.A., ISON, S.G. Predicting accident frequency at their severity levels and its application in site ranking using a two-stage mixed multivariate model. *Accident Analysis and Prevention*. 2011, vol. 43 (6), 1979-1990.

NOLAND, R. B., Y OH, L. The effect of infrastructure and demographic change on traffic-related fatalities and crashes: a case study of Illinois county-level data. *Accident Analysis and Prevention*. 2004, vol. 36, num. 4, 525–532.

CHANG, L. Y. Analysis of freeway accident frequencies: negative binomial regression versus artificial neural network. *Safety Science*. 2005, vol. 43, 541–557.

MILTON, J., Y MANNERING, F. The relationship among highway geometrics, traffic related elements and motor vehicle accident frequencies. *Transportation*. 1998, vol. 25, num. 4, 395-413.

NAVON, D. The paradox of driving speed: two adverse effects on highway accident rate. *Accident Analysis and Prevention*. 2003, vol. 35, num. 3, 361-367.

RANGEL, T., VASSALLO, J. M., Y HERRAIZ, I. The influence of economic incentives linked to road safety indicators on accidents: The case of toll concessions in Spain. *Accident Analysis and Prevention*. 2013, vol. 59, 529– 536.

HOSSEINPOUR, M., SHUKRI-YAHAYA, A., FARHAN-SADULLAH, A. Exploring the effects of roadway characteristics on the frequency and severity of head-on crashes: Case studies from Malaysian Federal Roads. *Accident Analysis and Prevention*. 2014, vol. 62, 209–222.

IVAN, J., Y O'MARA, P. Prediction of traffic accident rates using Poisson regression. 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board, National Research Council. Washington, DC. 1997.

GARCES, P. Factores influyentes en la ocurrencia de colisiones de tránsito en zonas urbanas: Un enfoque Bayesiano empírico. Aplicación a Cartagena de Indias. Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería Civil, Fundación Universidad del Norte, Atlántico, Barranquilla. 2010.

Monges, Juan José. Módulo accidentes de tránsito en costa rica, tesis, 2008.

**ANEXOS.**



