

**APLICACIÓN DEL MODULO DE PREDICCIÓN DE ACCIDENTES (CPM) DEL
SOFTWARE IHSDM A LA VIA PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI ENTRE EL
PR26 AL PR30**

SAMIR BARBOSA MARTINEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2014**

**APLICACIÓN DEL MODULO DE PREDICCIÓN DE ACCIDENTES (CPM) DEL
SOFTWARE IHSDM A LA VIA PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI ENTRE EL
PR26 AL PR30**

SAMIR BARBOSA MARTINEZ

**Trabajo de Grado modalidad de investigación para optar al título de
Especialista en Vías Terrestres**

DIRECTOR

PhD. ING. MILLER HUMBERTO SALAS RONDON

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las Bendiciones que le ha regalado a mi vida.

A mis padres EDGAR BARBOSA CORZO y MARIA CLAUDIA MARTINEZ LIZARAZO, por su incondicional compromiso y apoyo en mi proceso de educación.

A mi hermano Michael Barbosa, abuela Aliria Corzo y novia Laura Duarte, a quienes quiero mucho por estar conmigo brindándome su compañía.

A mi familia, quienes con sus mensajes y consejos me brindaron ideas cuando las he necesitado.

A mis amigos que siempre han estado a mi lado en esos momentos de dificultad y alegría vividos en este proceso de educación y que seguirán compartiendo buenos momentos.

Al Ingeniero MILLER HUMBERTO SALAS RONDON, Director del proyecto, por dedicar su tiempo y conocimiento al desarrollo de éste.

A la Universidad Pontificia Bolivariana y en especial al personal Docente de la Especialización en cabeza de la Ingeniera NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS por la formación brindada y que sirvió de eslabón para llegar a este logro.

SAMIR BARBOSA MARTINEZ

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	12
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
2. ANTECEDENTES.....	14
3. ALCANCE.....	15
4. JUSTIFICACIÓN.....	16
5. ESTADO DEL ARTE	19
5.1 Descripción general IHSDM	19
5.2 Descripción del módulo de predicción de accidentes (CPM) ⁵	20
5.2.1 Descripción Algoritmo de predicción para los segmentos de Carreteras.....	21
5.2.2 Descripción Algoritmo de predicción de accidentes para las intersecciones a nivel.	23
5.2.3 Predicción de la Frecuencia de Accidentes en todo el proyecto.....	24
6. CARACTERIZACION DEL TRAMO DE ESTUDIO (PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI ENTRE EL PR26 AL PR30)	26
6.1 Características de Tránsito.....	27
6.2 Composición Vehicular.....	28
6.3 Alineamiento Horizontal.....	29
6.4 Alineamiento Vertical.....	32
6.5 Sección Transversal.....	33
6.6 Parámetros de Diseño.....	33
6.7 Señalización y Dispositivo de Control del Tránsito.....	34
6.8 Pavimentos.....	35
6.9 Drenajes.....	36
7. ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD.....	40
7.1 Análisis.....	40
7.2 Índices e Indicadores Globales de Análisis de Accidentalidad.....	41

7.3	Calculo de Índices Localizados.	48
8.	APLICACION DEL SOFTWARE IHSDM	55
8.1	Interactive Highway Safety Design Model IHSDM.....	55
8.2	Algoritmo de Análisis.	64
8.3	Reporte de Resultados.	67
9.	COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS POR ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD Y IHSDM	69
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de accidentes año 2012 Vía Puerto Araujo – Landázuri.....	16
Figura 2. Número de accidentes por año Vía Puerto Araujo – Landázuri.	17
Figura 3. Gravedad de los accidentes por año Vía Puerto Araujo – Landázuri.	18
Figura 4. Ubicación General.....	26
Figura 5. Plano en Planta PR26+000 – PR30+000.	31
Figura 6. Perfil PR26+000 – PR30+000.	32
Figura 7. Is, PR26+000 – PR30+000.	35
Figura 8. Resumen de Accidentes Anuales.	41
Figura 9. Accidentalidad Según Causas.	44
Figura 10. Accidentalidad Según Clase de Accidente.....	45
Figura 11. Accidentalidad Según Elementos Involucrados.	47
Figura 12. Índice de Peligrosidad Ipat, por tramos.	52
Figura 13. Índice de Peligrosidad Ipav, por tramos.	52
Figura 14. Índice de Severidad IS, por tramos.	53
Figura 15. Ventana de Inicio para Crear un Nuevo Proyecto.	57
Figura 16. Descripción del proyecto.	57
Figura 17. Ventana Principal, Submenú: General.	58
Figura 18. Ventana Principal, Submenú: Alineamiento Horizontal.	58
Figura 19. Ventana Principal, Submenú: Alineamiento Vertical.	59
Figura 20. Ventana Principal, Submenú: Sección Transversal.....	60
Figura 21. Ventana Principal, Submenú: Carril.	60
Figura 22. Ventana Principal, Submenú: TPD.....	61
Figura 23. Ventana Principal, Submenú: Inventario de Accidentes.....	62
Figura 24. Características de la Vía.	63
Figura 25. Interfaz de Evaluación del Modelo.	64
Figura 26. Algoritmo de Predicción de Accidentes.	65
Figura 27. Comparativo de Tasa de Accidentalidad.....	69
Figura 28. Comparativo de Tasa de Accidentalidad Totales.	69
Figura 29. Comparativo por Intervención de Vehículos.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Volúmenes Históricos Reportados por INVIAS.	27
Tabla 2. Modelo de Estimación Futura.	27
Tabla 4. Composición Histórica De Tránsito.	28
Tabla 5. Elementos Geométricos de las Curvas Horizontales.....	29
Tabla 6. Señalización Vertical.	34
Tabla 7. Clasificación Índice Superficial Is.	35
Tabla 8. Estado de Obras de Arte.	36
Tabla 9. Localización de Puentes.....	39
Tabla 10. Inventario de Accidentes.	40
Tabla 11. Tasa Mensual de Accidentes Ocurridos.	42
Tabla 12. Codificación de Causas Probables de Accidentalidad.....	42
Tabla 13. Resumen de Accidentes Según la Causa.	43
Tabla 14. Codificación de la Clase de Accidente.	45
Tabla 15. Accidentes Según Clase de Accidentes.	45
Tabla 16. Codificación de los Accidentes Según los Elementos.	46
Tabla 17. Elementos Intervenidos en los Accidentes.	47
Tabla 18. Índices de Accidentalidad.....	49
Tabla 19. Resumen Datos Analizados.	53
Tabla 20. Resumen de Tasas de Accidentalidad y Frecuencias Esperadas.....	67
Tabla 21. Distribución de Accidentes.	68
Tabla 22. Comparativo de Tasas.	70

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Sección Transversal.....	33
--	----

**ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS DE INVESTIGACION Y
AUTORIZACIÓN DE SU USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA**

Yo, **SAMIR BARBOSA MARTINEZ**, mayor de edad, vecino de Bucaramanga, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 1098.678.924 de Bucaramanga, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de grado: **APLICACIÓN DEL MODULO DE PREDICCIÓN DE ACCIDENTES (CPM) DEL SOFTWARE IHSDM A LA VIA PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI ENTRE EL PR26 AL PR30**, hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR / ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los 2 días del mes de Abril de Dos mil Catorce (2014).

EL AUTOR / ESTUDIANTE:


Samir Barbosa Martínez

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

- TITULO:** APLICACIÓN DEL MODULO DE PREDICCIÓN DE ACCIDENTES (CPM) DEL SOFTWARE IHSDM A LA VIA PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI ENTRE EL PR26 AL PR30.
- AUTOR(ES):** Samir Barbosa Martínez
- FACULTAD:** Especialización en Vías Terrestres
- DIRECTOR(A):** Miller Humberto Salas Rondón

RESUMEN

Desde hace algunos años a nivel nacional se ha venido trabajando en la reducción de la tasa de accidentes que se presentan en las vías del país, esto en gran medida por factores de geometría vial e imprudencias de los conductores. Debido a esto desde hace algún tiempo a nivel mundial se investigan herramientas que permitan realizar evaluaciones viales para establecer soluciones a realizar en los sectores de conflicto a causa de éstos altos niveles.

La transversal del Carare, al cual pertenece el tramo de estudio, se ha convertido en un potencial eje vial que permite una más rápida comunicación de occidente a oriente y viceversa en el departamento de Santander. Ésta como muchas otras vías del país tiene falencias de infraestructura las cuales en su mayoría se convierten en puntos de alta accidentalidad.

Es así como la finalidad del módulo de predicción de accidentalidad de IHSDM es identificar puntos de mayor posibilidad de accidentes a partir de datos históricos e inventarios de la geometría y estructuras complementarias de la vía, con el fin buscar soluciones que permitan reducir al máximo la posibilidad de ocurrencia de éstos.

PALABRAS CLAVE:

Diseño Geométrico, Estudio de Accidentalidad, IHSDM, Infraestructura Vial, Señalización.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: APPLICATION OF THE CRASH PREDICTIVE MODULE (CPM) OF IHSDM TO THE ROUTE PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI BETWEEN PR26 AND PR30.

AUTHOR(S): Samir Barbosa Martínez

FACULTY: Especialización en Vías Terrestres

DIRECTOR: Miller Humberto Salas Rondón

ABSTRACT

For some years now, there has been working nationally on the reduction to the accidents rates happening on country roads, given in a greater scale to road geometry factors and drivers imprudence. Due to this, for some time now it's been investigated globally tools that allows roads evaluations to establish solutions to implement at the troubled sectors because of this high rate.

The Carare crossroad, the one which belongs to the studied section, has become in a potential road axis which let a faster travelling between west and east and vice versa inside the department of Santander. This one, as many other roads of the country have infrastructure failures which in the majority of cases becomes in a high car accident point.

This is how the purpose of the accident predictive module of IHSDM is to identify the points along the road with the highest accident probability, taking on count historical data and geometrical inventory and complementary structures of the road, seeking solutions that allows reduce to the maximum the probability of happening the mentioned accidents.

KEYWORDS:

Geometrical Design, Accident studies, IHSDM, Routes infrastructure, Road Signpost.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las vías de nuestro país han demostrado altos índices de accidentalidad debido a factores relacionados con la carencia de infraestructura acorde a las necesidades de los usuarios y vehículos disponibles en el mercado actual, es por esto que el Gobierno de Colombia definió para los años 2011-2016 como prioridad dentro de su plan de acción la seguridad vial. Dicho plan se fundamenta en las experiencias internacionales obtenidas por entidades con conocimiento en el tema, principalmente por la Organización Mundial de la Salud, la cual se ha planteado como política en esta década reducir la mortalidad derivadas de accidentes de tránsito en el mundo en un 50%.

Derivado de esta necesidad mundial en estados unidos la *Federal Highway Administration* (FHWA), genero una herramienta para el estudio de la Seguridad Vial de diferentes modelos de carreteras, basado en la información física de estas y su entorno. Teniendo en cuenta que en un accidente de tránsito influyen tres factores importantes: el usuario, la vía y el vehículo, existe la posibilidad de predecir sitios críticos según los parámetros de la vía, la visibilidad y habilidad del conductor¹.

La aplicación del módulo CPM validado por un estudio de seguridad vial acorde al escenario de la vía de estudio permite determinar los sectores de alta accidentalidad y a su vez proponer soluciones apropiadas para estos.

¹ Leyva. V Iván Orlando. Evaluación de seguridad vial y aplicación del IHSDM en la variante de Ibagué entre el K0+000 al K4+000. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivo general

- Determinar los sectores de mayor índices accidentalidad para el tramo de vía Puerto Araujo – Landázuri entre el PR26-PR30 realizando la evaluación del estudio de accidentalidad del tramo y comparándolo con el análisis realizado en el Software IHSDM, con el propósito de proponer soluciones que disminuyan estos riesgos.

Objetivos específicos

- Recolectar datos de accidentalidad, que permita el análisis de los mismos para el tramo de vía de estudio.
- Realizar trabajos de campo, con el fin de obtener un inventario y datos de la geometría de la vía.
- Identificar sectores puntuales donde la probabilidad de ocurrencia de accidentes sea mayor en el tramo de estudio.
- Evaluar el tramo de vía estudiado en el módulo de predicción de accidentes de IHSDM.
- Realizar el análisis de los resultados obtenidos en el estudio de accidentalidad y el módulo de predicción de accidentes de IHSDM, con el fin de determinar la validez del software.
- Proponer alternativas de solución que permitan disminuir la probabilidad de accidentes en los sectores de mayor riesgo.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según el Informe Mundial sobre Prevención de Traumatismos Causados por el Tránsito, de la Organización Mundial de la Salud (OMS), del año 2004, los traumatismos causados por el tránsito son un problema creciente de salud pública mundial, por lo que las estadísticas indican que hacia el año 2020, este tipo de accidentes será la tercera causa de morbilidad en el mundo. Cada año más de 1,2 millones de personas en el mundo mueren en accidentes de tránsito, 50 millones de personas aproximadamente sufren traumatismos, que a veces, los afectan por el resto de sus vidas. Además, las muertes diarias, en todo el globo, por concepto de accidentes de tránsito alcanzan aproximadamente los 3.000 fallecidos².

Es por esto que surge la necesidad de realizar un análisis de seguridad vial a la infraestructura colombiana con el objetivo de diagnosticar su vulnerabilidad con relación a la generación de accidentes y buscar la manera de disminuir estos valores en los sectores de mayor interés.

Para este trabajo en particular se pretende analizar las condiciones actuales del tramo de vía Puerto Araujo – Landázuri entre el PR26-PR30, las posibles causas de los accidentes y las probables soluciones que busquen mejorar la seguridad vial en los puntos de mayor frecuencia de accidentalidad.

² Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia. Ministerio de Transporte, 2011.

2. ANTECEDENTES

El módulo de predicción de accidentes del Software *Interactive Highway Safety Design Model* IHSDM es una herramienta de estimación de probabilidad de ocurrencia de los accidentes el cual se ha venido utilizando en los últimos años en Colombia.

En la universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia se han realizado investigaciones por parte de la Ingeniera Yasmin Andrea Pérez como parte de su tesis de maestría enfocada al análisis del Módulo CPM y su aplicación a carreteras colombianas.

A su vez en la Escuela Colombiana de Ingeniería se realizó el estudio de seguridad vial y aplicación del Módulo de Predicción de Accidentes CPM a la variante de Ibagué en sus primeros 4 kilómetros por parte del Ingeniero Iván Orlando Leyva Varga como parte de su tesis de especialización.

3. ALCANCE

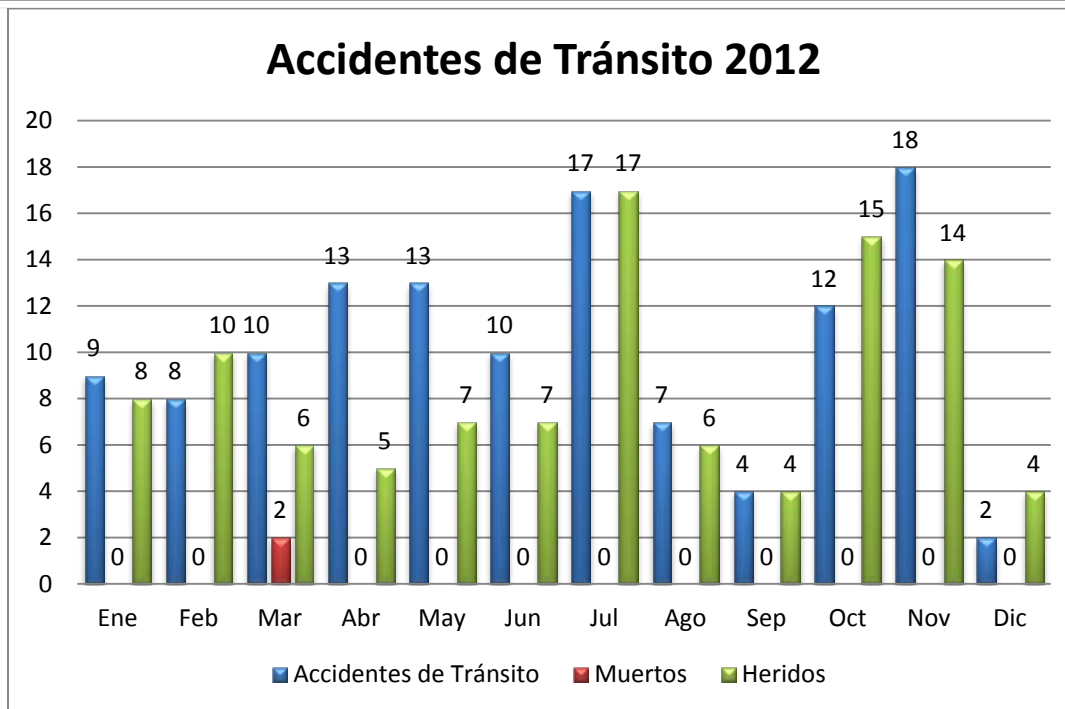
Esta tesis de grado tiene como alcance evaluar las condiciones de accidentalidad y lograr determinar los índices de accidentalidad para el tramo de vía Puerto Araujo – Landázuri entre el PR26 - PR30. Para ello, se recopilara una serie de información primaria y secundaria del sector de interés la cual será el insumo para la realización del estudio de accidentalidad y la simulación en el módulo de predicción de accidentalidad de IHSDM; resultados que permitirán plantear soluciones en los sectores de mayor accidentalidad.

4. JUSTIFICACIÓN

La seguridad vial en la actualidad se ha convertido en un parámetro fundamental en los temas de prevención, por lo cual se ve el aumento en el interés de estudiar métodos predictivos que permitan hallar puntos críticos en un tramo de vía donde se note una alta probabilidad de ocurrencia de accidentes.

La figura 1 permite visualizar la distribución de accidentes durante el año 2012. Año en el cual se presentaron 123 accidentes de los cuales dejaron 2 víctimas mortales y 79 heridos.

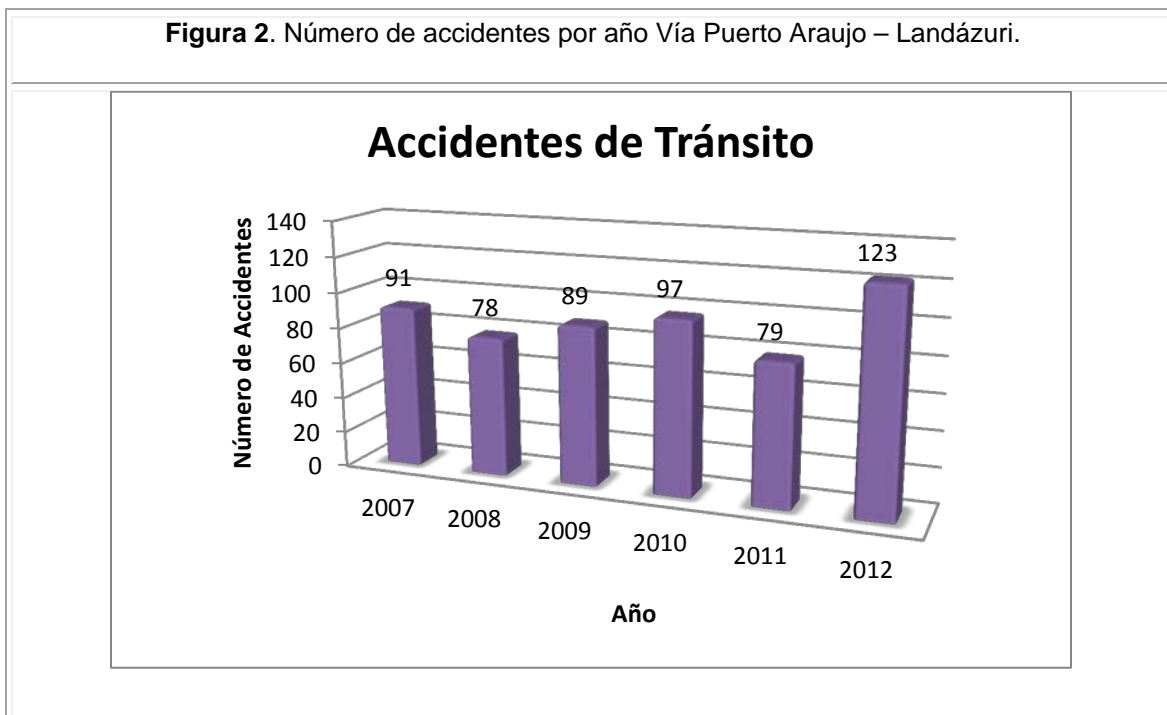
Figura 1. Distribución de accidentes año 2012 Vía Puerto Araujo – Landázuri.



Fuente: Base de datos (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

Con base en la información suministrada por el instituto nacional de vías INVIAS, se realizó la tabulación de los accidentes presentados en la vía de estudio durante los últimos 6 años.

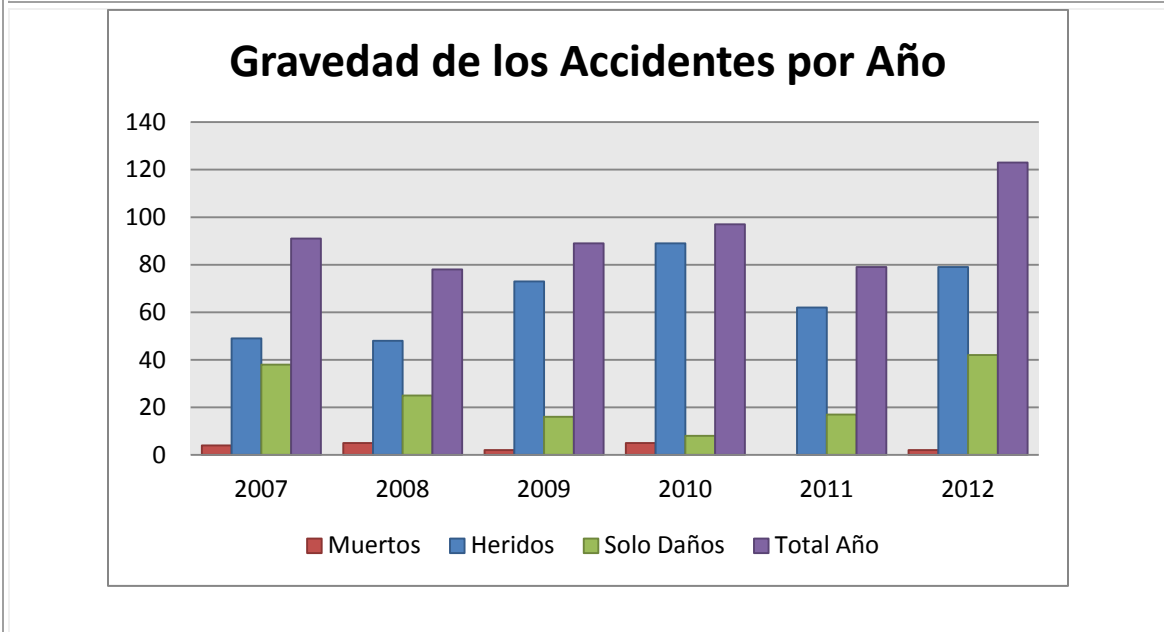
La figura 2 muestra la tendencia de comportamiento de los accidentes en la vía Puerto Araujo- Landazuri, la cual presenta una tendencia muy similar año a año con una pequeña variación considerable en el año 2012 la cual puede ser producto de labores de mejoramiento en la estructura de pavimento de la vía.



Fuente: Base de datos (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

Con los datos obtenidos de accidentalidad se pudo hacer el análisis de gravedad de los accidentes, con los cuales se obtuvo la figura 3.

Figura 3. Gravedad de los accidentes por año Vía Puerto Araujo – Landázuri.



Fuente: Base de datos (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

Lo anterior, ilustra la necesidad que se está presentando de realizar un análisis de las condiciones que pueden estar generando los accidentes en el tramo de vía de estudio. Basados en la metodología utilizada por el módulo de predicción de accidentalidad CPM del *Interactive Highway Safety Design Model IHSDM* se busca analizar el problema.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 Descripción general IHSDM

El IHSDM (*Interactive Highway Safety Design Model*) fue desarrollado en 1993 por la *Federal Highway Administration – FHWA* (Administración vial de carreteras de los EE.UU) como una herramienta para el análisis operacional y de consistencia en carreteras rurales de dos carriles en doble sentido, aplicable a trazados en proyecto o carreteras en servicio.³

El programa en su versión actual se divide en seis módulos de evaluación; cada módulo del IHSDM evalúa el diseño geométrico existente o propuesto desde una perspectiva diferente y proporciona estimaciones que describen aspectos de seguridad y desempeño operativo. Cada uno de estos módulos analiza el diseño geométrico desde una perspectiva diferente, así:⁴

- *Policy Review Module (PRM)*: el módulo de revisión de la norma: se enfoca en la búsqueda de elementos críticos del diseño, realizando una comparación con la normativa vigente y los elementos geométricos de la vía en estudio; se debe tener en cuenta que es posible realizar este análisis para la normativa de cualquier país, siempre y cuando se adapten los parámetros de la normativa particular de la región con respecto a los parámetros y variables estipulados en el software correspondiente y enfocados a la normativa AASHTO.
- *Crash Prediction Module (CPM)*: módulo de predicción de accidentes: realiza una predicción de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes así como también de la severidad de los mismos en los puntos críticos. El software define algunas acciones correctivas para la deficiencia que se presenta en los puntos críticos.

3 Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM), *User's Manual*, Federal Highway Administration (FHWA), Febrero, 2011

4 Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM), *Engineer's Manual*, Federal Highway Administration Office of Safety Research and Development, Junio de 2010

- *Design Consistency Module (DCM)*: módulo de consistencia de diseño: este módulo calcula velocidades de operación esperadas y medidas de consistencia operación – velocidad. El módulo evalúa la regularidad de la velocidad a lo largo de la carretera, teniendo en cuenta elementos consecutivos de curva-tangente-curva, modelos de perfil de velocidades, velocidad a flujo libre y pendientes longitudinales de la carretera en estudio.
- *Traffic Analysis Module (TAM)*: Módulo de análisis de tránsito: Estima los efectos operacionales de los diseños viales bajo las demandas actuales y proyectadas.
- *Intersection Review Module (IRM)*: Módulo de revisión de intersecciones: guía a los usuarios a través de una evaluación sistemática de los elementos de diseño de una intersección en relación con su seguridad probable y rendimiento operacional.
- *Driver/Vehicle Module (DVM)*: Módulo Conductor/vehículo: Estima la velocidad del conductor y la elección de la trayectoria a lo largo de la carretera, teniendo en cuenta aceleración lateral, requerimientos de fricción y momento de vuelco.

5.2 Descripción del módulo de predicción de accidentes (CPM)⁵

El CPM estima la frecuencia y severidad de accidentes teniendo en cuenta las características del diseño geométrico así como las características del tránsito. El algoritmo de predicción de accidentes combina modelos base y factores de modificación de accidentes (AMFs). El modelo del CPM del IHSDM, funciona mediante un algoritmo de predicción de accidente, el cual se ha desarrollado para los segmentos de carretera y para tres tipos de intersecciones a nivel. El uso conjunto de los algoritmos permite predecir el número de accidentes totales para

⁵ Pérez, R Yasmín Andrea. Análisis del módulo CPM en la predicción de accidentes del programa IHSDM y su aplicación en carretas colombianas. UPTC, 2011

una sección de carretera o un proyecto de mejoramiento vial.

El modelo base, al igual que todos los modelos de regresión, predice el valor de una variable dependiente en función de un conjunto de variables independientes. Los AMFs ajustan el modelo base, estimando las dimensiones del diseño geométrico y el control del tráfico futuro.

Los algoritmos de predicción de accidentes para los segmentos de carreteras e intersecciones a nivel, están compuestos cada uno por dos elementos: modelos base y los factores de modificación del accidente. Los componentes y la forma en que se combinan se describen a continuación para cada algoritmo.

5.2.1 Descripción Algoritmo de predicción para los segmentos de Carreteras

El modelo básico para los segmentos de carretera es el mejor modelo de regresión para predecir la frecuencia de accidentes totales de un segmento de carretera rural de dos carriles. El modelo base, al igual que todos los modelos de regresión, predice el valor de una variable dependiente en función de un conjunto de variables independientes. Para el modelo del segmento vial, la variable dependiente es la frecuencia total de accidentes esperados en el segmento de carretera durante un período de tiempo especificado. Las variables independientes que se usan para predecir la frecuencia de accidentes son los descriptores de los volúmenes de tráfico, características del diseño geométrico y características de control de tráfico del segmento de carretera.

Los modelos de regresión, como el modelo base, son útiles para predecir la frecuencia de accidentes en general, pero sus coeficientes no necesariamente pueden ser confiables para representar el incremento de los efectos individuales del diseño geométrico y las características del tráfico. Por lo tanto, el modelo base se utiliza únicamente para estimar la frecuencia de accidentes esperados para un conjunto específico de condiciones, como ancho de carril de 3,6 metros y ancho

de berma de 1.8 m. Esta estimación base de frecuencia de accidentes será ajustada con los factores de modificación (AMFs), que representan los efectos de seguridad individual del diseño geométrico y de los elementos de tránsito.

La formulación general del algoritmo de predicción de frecuencia de accidentes para un segmento de carretera surge de la combinación de los modelos base y AMFs, y es el siguiente:

$$N_{rs} = N_{br}(AMF_{1r}AMF_{2r} \dots \dots AMF_{nr})$$

Dónde:

N_{rs} : Predicción del número total de accidentes en el segmento de carretera al año, una vez se han aplicado los factores de modificación del accidente.

N_{br} : Predicción del número total de accidentes en el segmento de carretera al año, para las condiciones nominales o base.

$AMF_{1r}AMF_{2r} \dots \dots AMF_{nr}$: Factores de modificación de accidentes para los segmentos de carretera.

Los AMFs son factores multiplicativos utilizados para ajustar la frecuencia de accidentes base debido a los efectos individuales del diseño geométrico y las características del tráfico. Cada AMF está diseñado de tal forma que la condición nominal o base es representado por un AMF de 1.00. Condiciones asociadas con mayor frecuencia de accidentes comparados con la condición nominal o base tendrá un valor para su AMFs mayor que 1.00 y las condiciones asociadas con menor frecuencia de accidentes que la condición nominal o base tendrá valores para sus AMFs menor de 1.00. Por ejemplo, si realizamos una predicción de frecuencia de accidentes mediante el modelo base N_{br} , el cual presenta un ancho de carril de 3,6 m, y este modelo es aplicado a una carretera que presenta un ancho de carril de 3,3 m, el AMF para el ancho del carril puede tener un valor de 1,15. Este AMF implica que un segmento de carretera de dos carriles con 3,3 metros de ancho, provocaría que la ocurrencia de los accidentes sea de un 15 por

ciento mayor que una sección de carretera comparable con ancho de carril de 3,6m.

El efecto del volumen de tránsito promedio diario (TPD) sobre la predicción de la frecuencia de accidentes se incorpora a través de los modelos base, mientras que los efectos del diseño geométrico y las características de control de tráfico se incorporan a través de la AMF.

5.2.2 Descripción Algoritmo de predicción de accidentes para las intersecciones a nivel.

La estructura del algoritmo de predicción de accidentes en las intersecciones a nivel es similar al algoritmo para las secciones de carretera presentado anteriormente. La frecuencia prevista de los accidentes que ocurren en la intersección a nivel o que están relacionados con ella se determina así:

$$N_{int} = N_{bi}(AMF_{1r}AMF_{2r} \dots \dots AMF_{nr})$$

Dónde:

N_{int} : Predicción del número total de accidentes relacionados con el cruce por año, una vez se han aplicado los factores de modificación del accidente.

N_{bi} : Número total de accidentes relacionados con el cruce por año, para las condiciones nominales o base.

$AMF_{1r}AMF_{2r} \dots \dots AMF_{nr}$: Factores de modificación de accidentes de las intersecciones.

Los modelos base se han formulado independientes en las intersecciones de tres y cuatro ramas, con el control de parada de emergencia e intersecciones de cuatro ramas semaforizadas. Los AMF utilizados en el algoritmo de predicción de accidentes para estos tres tipos de intersección también difieren.

El efecto del volumen de tráfico en la frecuencia de accidentes previsto para las intersecciones a nivel se incorpora a través de los modelos base, mientras que el efecto de las características geométricas y de control de tráfico se incorpora a través de los AMF. Cada uno de los modelos básicos de intersecciones a nivel incorpora efectos por separado para el TPD en los ramales de mayor o menor importancia, respectivamente.

5.2.3 Predicción de la Frecuencia de Accidentes en todo el proyecto.

El algoritmo de predicción de accidentes se aplica en IHSDM para estimar el nivel de seguridad de la totalidad de los proyectos propuestos o secciones de la carretera.

El total previsto de frecuencia de accidentes de todo el proyecto o una sección de la carretera ampliada se puede determinar cómo:

$$N_t = N_{rs} + N_{int}$$

Dónde:

N_t = Predicción de la frecuencia de accidentes de todo el proyecto o una sección de carretera ampliada.

5.2.4 Estimación de la Gravedad de los accidentes y de la distribución por tipo de Accidente.

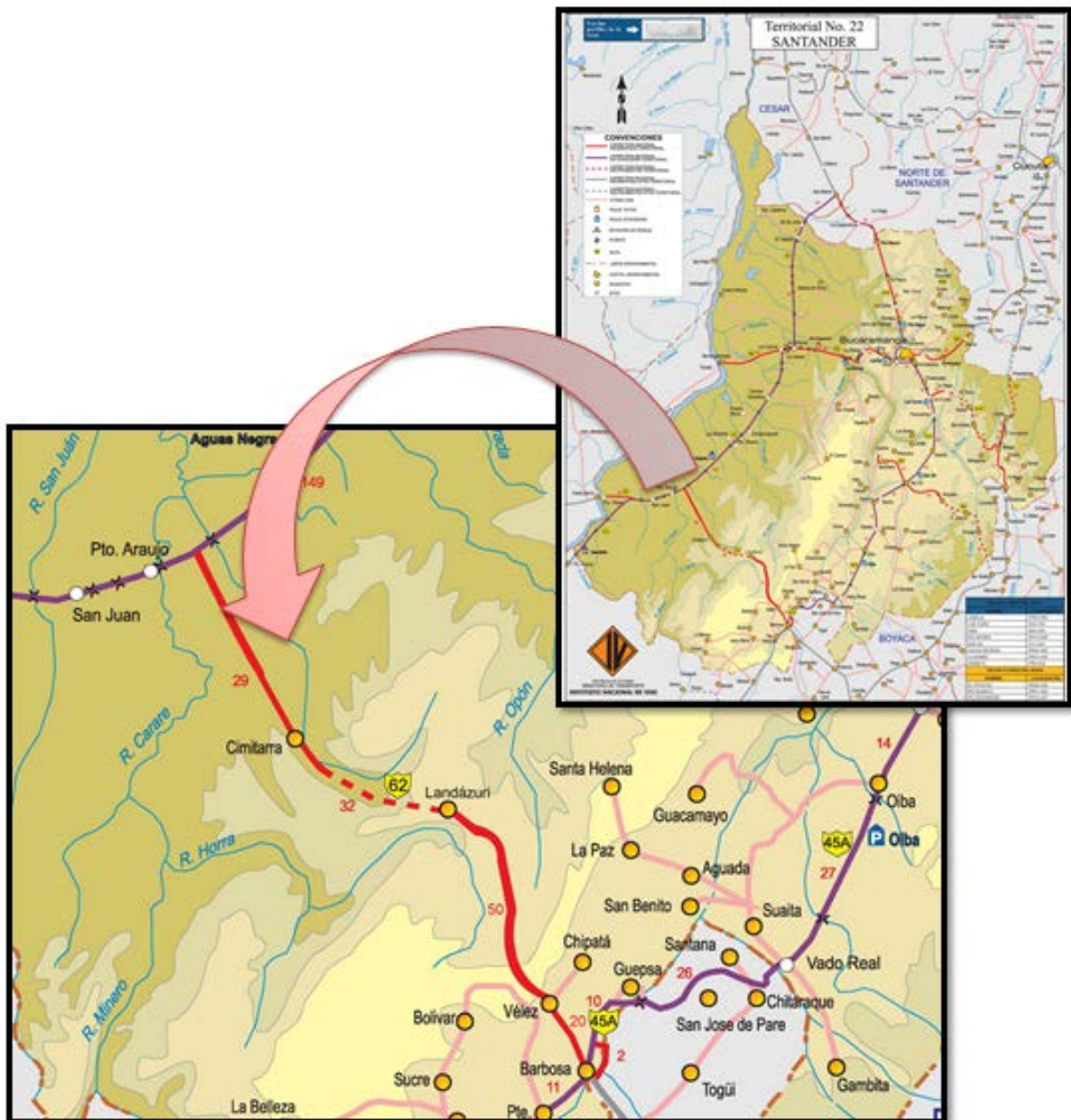
Además de las predicciones de la frecuencia de accidentes con base en las ecuaciones de los algoritmos de predicción de accidentes, también se buscan estimaciones de la gravedad del accidente y las distribuciones de tipo de accidente para los segmentos de carreteras e intersecciones a nivel. El uso de

distribuciones aplicables a un estado o una región geográfica es particularmente apropiado debido a que algunos porcentajes, como el porcentaje de accidentes relacionados con animales en los segmentos de carretera, claramente varían según la región geográfica en que se encuentre el proyecto. Estructura del algoritmo de predicción de accidentes incluye los modelos básicos, los factores de modificación de accidentes, los factores de calibración y el procedimiento Empírico de Bayes (EB); que se puede aplicar a las predicciones de seguridad proporcionadas por el algoritmo, junto con los datos reales de la historia específica del sitio del accidente.

6. CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO (PUERTO ARAUJO - LANDÁZURI ENTRE EL PR26 AL PR30)

El tramo de estudio está localizado en el departamento de Santander, hace parte de la Ruta 6207 (Puerto Araujo- Landázuri) y forma parte de la Transversal del Carare, que conecta la Troncal Central con la Troncal del Magdalena medio.

Figura 4. Ubicación General.



Fuente: Base de datos (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

6.1 Características de Tránsito.

El tránsito que tiene la Vía Puerto Araujo – Landázuri está directamente relacionado con los corredores viales de la Troncal Central y la Troncal del Magdalena Medio. A partir de las series históricas de los volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías se efectúa el pronóstico del tránsito normal en la ruta objeto de estudio para el periodo comprendido entre 1993 y 2012.

Para la recopilación de información de tránsito se tuvo acceso al estudio de Tránsito desarrollado como parte de los Estudios y Diseños para la Rehabilitación de la Carretera Puerto Araujo - Landázuri (6607) Modulo 5, Sector Puerto Araujo – Cimitarra, el cual incluye aforos vehiculares e información socioeconómica de la región.

Tabla 1. Volúmenes Históricos Reportados por INVIAS.

ESTACIÓN	SERIE HISTÓRICA TPDs									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Puerto Araujo - Landázuri	273	150	205	172	255	0	302	228	301	283

ESTACIÓN	SERIE HISTÓRICA TPDs									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Puerto Araujo - Landázuri	261	229	594	313	403	370	390	341	426	502

Fuente: Base de datos (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

Tabla 2. Modelo de Estimación Futura.

AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁNSITO ESTACIÓN: Puerto Araujo - Landázuri		
	Lineal	Exponencial	Potencial
2013	455.8153	479.062411	392.332576
2014	471.1976	504.430911	398.900966
2015	486.5799	531.142785	405.266122
2016	501.9622	559.269173	411.443158

METODO	A	B	r ²	Ecuación
LINEAL [y = A + Bx]	148.1693	15.3823	0.755	TPD = 148.1693 + 15.3823(Año - 1993)
EXPONENCIAL [y = A * e ^(B*x)]	170.6869	0.0516	0.7723	TPD = 170.6869 * e ^{(0.0516(Año - 1993))}
POTENCIAL [y = A * x ^B]	141.5513	0.3403	0.7312	TPD = 141.5513 * (Año - 1993) ^{0.3403}

Fuente: Software Transito (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

6.2 Composición Vehicular.

Analizando los Volúmenes históricos de transito se ve una tendencia similar en los porcentajes de vehículos, presentándose variaciones en la serie histórica en los porcentajes de buses y camiones de manera más notoria.

En la **Tabla 4** se presenta la composición histórica registrada en la estación 668 (Puerto Araujo – Landázuri).

Tabla 4. Composición Histórica De Tránsito.

ESTACIÓN	PORCENTAJE DE AUTOS									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Puerto Araujo - Landázuri	34%	43%	55%	54%	53%	0%	55%	61%	69%	65%

ESTACIÓN	PORCENTAJE DE AUTOS									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Puerto Araujo - Landázuri	58%	53%	64%	50%	39%	0%	0%	54%	55%	54%

ESTACIÓN	PORCENTAJE DE BUSES									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Puerto Araujo - Landázuri	13%	13%	14%	12%	10%	0%	9%	9%	5%	9%

ESTACIÓN	PORCENTAJE DE BUSES									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Puerto Araujo - Landázuri	7%	16%	10%	13%	15%	0%	0%	13%	13%	9%

ESTACIÓN	PORCENTAJE DE CAMIONES									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Puerto Araujo - Landázuri	53%	44%	30%	34%	37%	0%	36%	30%	26%	26%

ESTACIÓN	PORCENTAJE DE CAMIONES									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Puerto Araujo - Landázuri	35%	30%	26%	37%	46%	0%	0%	33%	32%	45%

Fuente: Software Transito (Instituto Nacional de Vías INVIAS)

6.3 Alineamiento Horizontal.

La vía puerto Araujo – Landázuri, tiene un diseño de radios de curvas horizontales circulares simples y espiral-curva-espiral entre 56 y 2207 metros con deflexiones entre 1° y 54°, con peraltes máximo de 8%.

A continuación se presenta una tabla de los componentes de las curvas horizontales del tramo en análisis.

Tabla 5. Elementos Geométricos de las Curvas Horizontales.

No	ABSCISA INICIO	ABSCISA FIN	Lc (m)	Le (m)	DEFLEXIÓN (°)	RADIO (m)	SENTIDO	PERALTE (%)
1	PR26+564	PR26+590	26	-	1.113	1257	D	2.0
2	PR26+707	PR26+757	50	-	1.364	1766	I	2.0
3	PR27+267	PR27+310	43	-	1.664	2207	D	2.0
4	PR27+953	PR27+983	30	-	13.235	127	I	5.6
5	PR27+999	PR28+071	72	-	24.502	266	D	3.8
6	PR28+099	PR28+140	41	-	10.585	214	I	4.4
7	PR28+597	PR28+625	28	-	3.483	417	I	2.6

ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS TERRESTRES

8	PR28+780	PR28+840	-	30	4.934	413	D	2.6
9	PR28+994	PR29+054	-	30	2.134	849	D	2.0
10	PR29+133	PR29+193	-	30	1.556	889	I	2.0
11	PR29+267	PR29+327	-	30	5.412	302	D	3.4
12	PR29+336	PR29+398	-	31	19.513	89	D	6.6
13	PR29+409	PR29+462	53	-	54.126	56	I	7.6
14	PR29+486	PR29+548	-	31	18.195	97	D	6.2
15	PR29+569	PR29+623	-	27	11.521	130	D	5.6
16	PR29+654	PR29+704	-	25	9.151	155	I	5.3
17	PR29+721	PR29+781	-	30	10.213	166	D	5.0
18	PR29+811	PR29+871	-	30	2.029	856	D	2.0
19	PR29+938	PR29+998	-	30	9.457	176	D	4.8

Fuente: Elaboración Propia

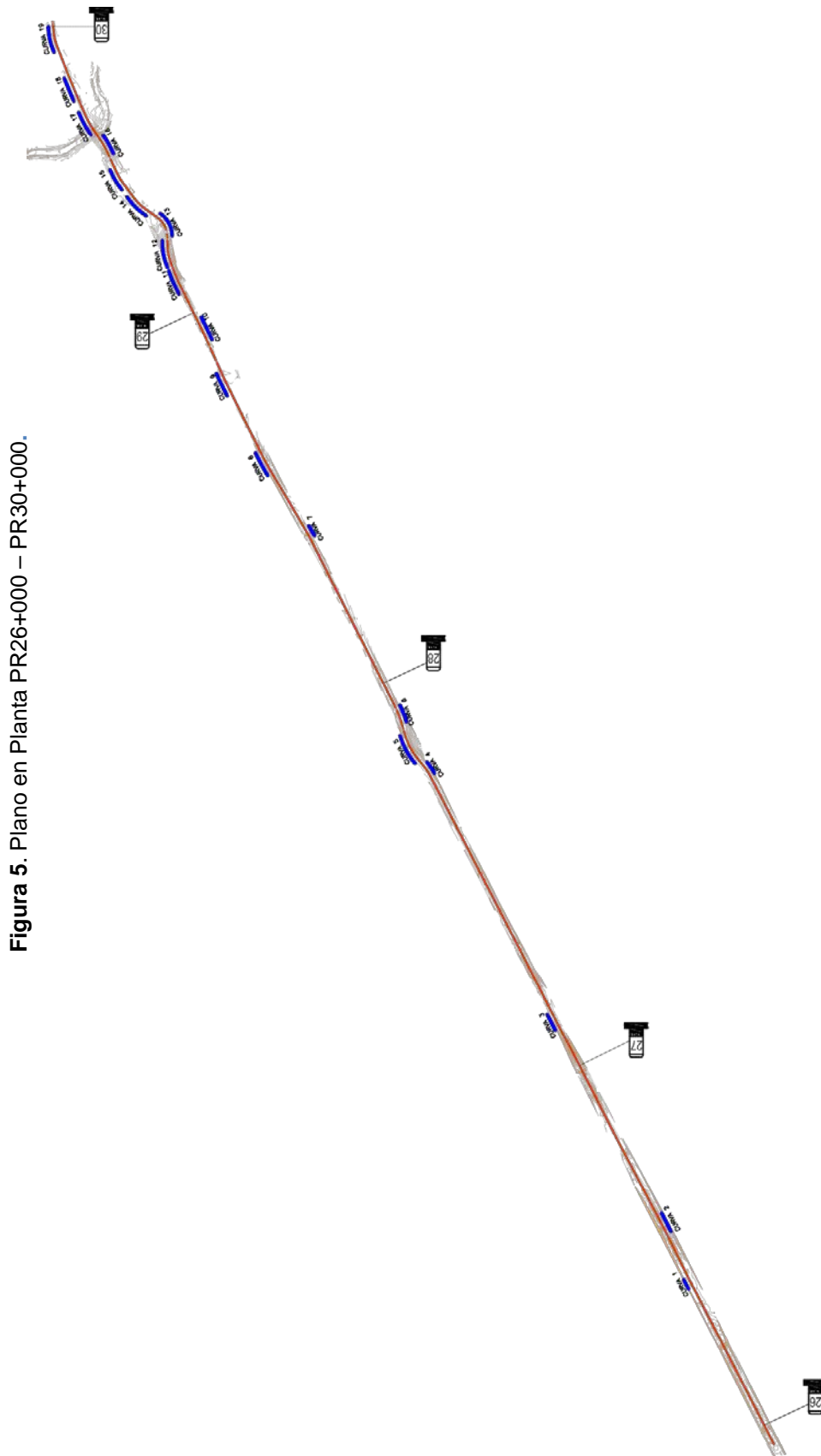
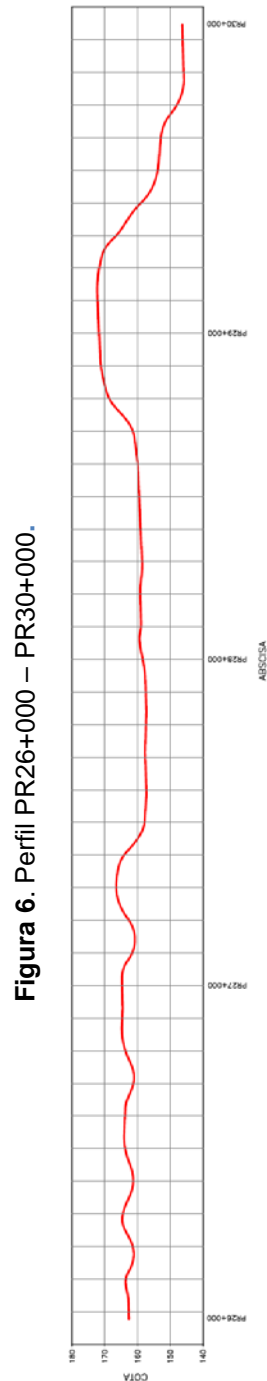


Figura 5. Plano en Planta PR26+000 – PR30+000.

Fuente: Elaboración Propia

6.4 Alineamiento Vertical.

El tramo analizado tiene pendientes longitudinales que van desde el 0.3% y 9%, pendientes que cumplen con los parámetros dispuestos en el manual de diseño geométrico del INVIAS.



Fuente: Elaboración Propia

6.5 Sección Transversal.

La sección transversal del tramo de estudio es diversa a lo largo de todo su trayecto, entre secciones en terraplén en su gran mayoría y algunas en corte de media ladera. No contiene obras de arte como cunetas que permitan realizar un adecuado manejo de aguas, tal como se puede visualizar en la Fotografía 1.

Fotografía 1. Sección Transversal.



Fuente: Estudios y Diseños para la Rehabilitación de la Carretera Puerto Araujo - Landázuri (6607)
Modulo 5, Sector Puerto Araujo – Cimitarra.

6.6 Parámetros de Diseño.

El tramo analizado de la vía Puerto Araujo- Landázuri tiene una velocidad de Diseño de 40 km/h desde el PR20+000 hasta el PR30+000. Con calzada de dos carriles cada uno de 3.30m, radios mínimos de 41m, peralte máximo de 8%, bombeo normal del 2%.

6.7 Señalización y Dispositivo de Control del Tránsito.

La vía presenta señalización vertical buena en su estado físico y baja en cantidad de señales necesarias, la demarcación de la vía es nula en el tramo estudiado. Según el inventario realizado se muestra a continuación la tabla de señales, la cual contiene la información de las mismas Bueno, Regular o Malo.

Tabla 6. Señalización Vertical.

PR	LADO (I/D)	TIPO			ESTADO (B/R/M)	ESTADO DEL (B/R/M)			OBS.
		SI	SP	SR	SEÑAL	CIMIENTO	SOPORTE	ANCLAJE	
26+270	I			X	B	B	B	B	SR-30
26+270	D			X	B	B	B	B	SR-30
26+770	I			X	B	B	B	B	SR-30
26+770	D			X	B	B	B	B	SR-30
27+450	I			X	B	B	B	B	SR-26
27+870	D			X	B	B	B	B	SR-26
27+930	D		X		B	B	B	B	SP-09
28+160	I		X		B	B	B	B	SP-09
28+200	I			X	B	B	B	B	SR-26
28+210	D			X	B	B	B	B	SR-30
28+460	I			X	B	B	B	B	SR-30
28+600	D			X	B	B	B	B	SR-26
28+670	D			X	B	B	B	B	SR-30
28+720	D		X		B	B	B	B	SP-04
28+770	I			X	B	B	B	B	SR-30
28+900	I			X	B	B	B	B	SP-03
28+970	D		X		B	B	B	B	SP-13
29+100	I		X		B	B	B	B	SP-12
29+210	D			X	B	B	B	B	SR-26
29+210	I			X	B	B	B	B	SR-30
29+260	D			X	B	B	B	B	SR-30
29+320	D		X		B	B	B	B	SP-06
29+500	I		X		B	B	B	B	SP-06
29+880	D			X	B	B	B	B	SR-30
29+920	D		X		B	B	B	B	SP-04

Fuente: Elaboración Propia

6.8 Pavimentos.

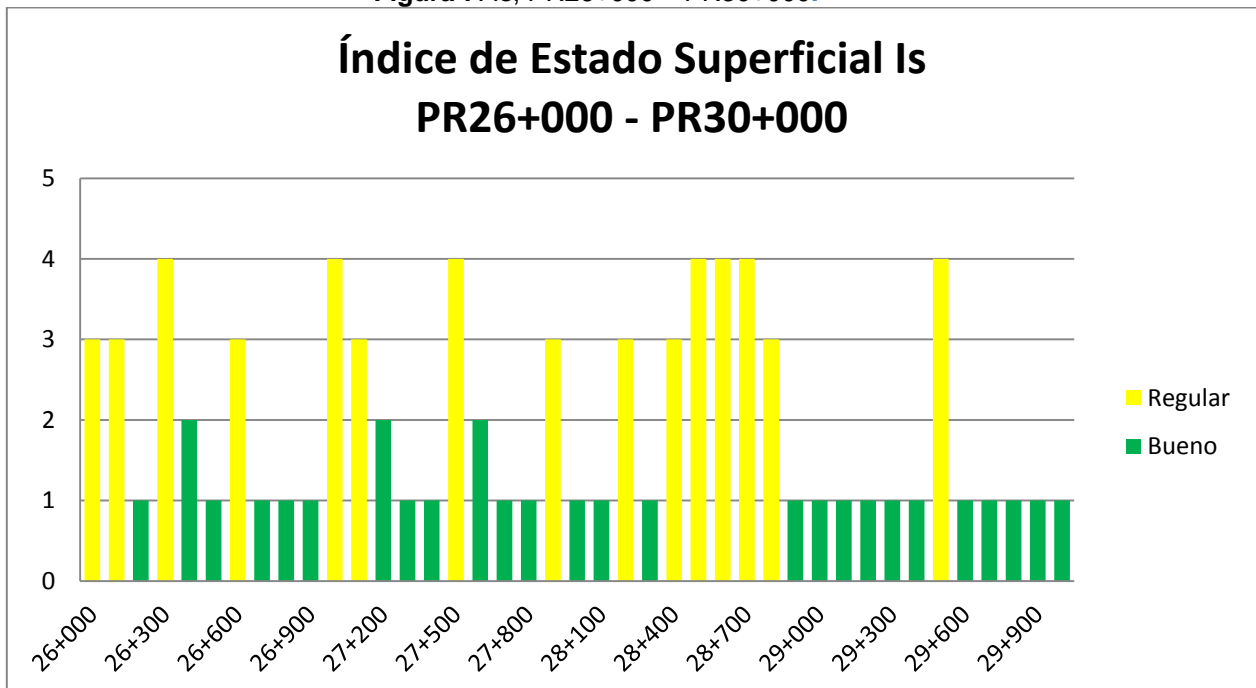
Para la elaboración de éste estudio se tuvo acceso al volumen de pavimentos de los Estudios y Diseños para la Rehabilitación de la Carretera Puerto Araujo - Landázuri (6607) Modulo 5, Sector Puerto Araujo – Cimitarra, los cuales establecieron la condición del pavimento mediante el índice de estado superficial Is, determinando tipo, severidad y extensión cada 10 metros lineales. Además de determinar las deflexiones mediante el método FWD para determinar si los deterioros afectan estructuralmente (Tipo A) o funcionalmente (Tipo B).

Tabla 7. Clasificación Índice Superficial Is.

Is	Categoría
1 y 2	Bueno
3, 4 y 5	Regular
6 y 7	Malo

Fuente: Guía Metodológica par el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras.

Figura 7. Is, PR26+000 – PR30+000.



Fuente: Elaboración Propia

6.9 Drenajes.

En éste tramo se realizó un inventario de diferentes obras de arte las cuales en general se encuentran en muy mal estado debido a su deterioro por falta de mantenimiento; en la siguiente tabla se muestran los elementos encontrados.

Tabla 8. Estado de Obras de Arte.

INVENTARIO DE OBRAS DE DRENAJE PTO ARAUJO - CIMITARRA TRAMO 5 PR26+000 AL PR30+000					
ABSCISA	OBRA	DIAMETRO		LONGITUD (m)	OBSERVACIONES
		(m)	(Pulg.)		
26+050	ALC CONC	0.6096	24	8.3	Estructura de entrada con presencia de sedimentación y vegetación, no se visualiza que este socavada ni presencia de fisuras, la estructura de salida de difícil acceso ya que está dentro del predio de la finca, se visualiza un cajón en ladrillo con dimensiones aproximadas 1x1 con salida en tubería de pvc de 12"
26+400	ALC CONC	0.9144	36	11.9	La estructura de entrada esta colmatada por vegetación, es de difícil acceso, la estructura de salida presenta socavación y muro de acompañamiento.
26+760	ALC CONC	0.9144	36	10.1	Estructura de entrada y la estructura de salida con ampliación en tubería de concreto de 36", alcantarilla tipo cajón con tubería metálica, la estructura de salida presenta placa inferior en mal estado.
26+910	ALC CONC	0.6096	24	8	Estructura de entrada presenta sedimentación y presencia de vegetación, no se visualiza fisuras ni socavación, es muro de acompañamiento sin presencia de aletas presenta abundante sedimentación y vegetación, en general falta limpieza.
27+100	BOX	1 X 1		8.2	La estructura de entrada y la estructura de salida en buen estado, no presenta fisuras ni socavación, la estructura de entrada y la estructura de salida con muro de acompañamiento sin presencia de aletas, la estructura de salida presenta placa inferior en buen estado.

27+260	ALC CONC	0.6096	24	12.3	La estructura de entrada tiene grietas y fisuras. No presenta socavación. Presenta abundante sedimentación y vegetación. En general la estructura le hace falta limpieza.
27+410	BOX	1 X 1		8.7	Alcantarilla cajón con tubería metálica, presenta ampliación con tubería de concreto de 36" a la salida y entrada, estructura de entrada y la estructura de salida no presentan socavación ni fisuras, alcantarilla insuficiente para caudales de lluvia.
27+610	ALC CONC	0.9144	36	9.1	Estructura de entrada y la estructura de salida colmatadas por sedimentación y vegetación, no se visualiza socavación, ni fisuras, estructura de entrada no presenta aletas. Falta mantenimiento en general.
27+760	ALC CONC	0.9144	36	9.4	La estructura de entrada y la estructura de salida en buen estado, no presenta fisuras ni socavación, presentan abundante sedimentación por material granular de la vía.
27+880	ALC CONC	0.5588	22	9.9	estructura de entrada y la estructura de salida en buen estado, no presenta socavación ni fisuras, presentan losa inferior en la estructura de entrada y la estructura de salida en buen estado, estructura de entrada con abundante maleza,
27+990	ALC CONC	0.5588	22	9.7	La estructura de entrada y la estructura de salida no se visualiza socavación, ni fisuras, estructuras en buen estado, presentan vegetación, estado en general bueno.
28+100	BOX	1 X 1		9.5	Estructura de entrada colmatada por vegetación, de difícil acceso para inspección, la estructura de salida en buen estado, no presenta socavación ni fisuras.
28+130	ALC CONC	0.5588	22	8.4	Estructura de entrada colmatada por sedimentación y vegetación de difícil acceso para inspección visual, estructura de entrada muro de acompañamiento sin aletas, la estructura de salida colmatada por sedimentos y vegetación, falta

					mantenimiento.
28+140	ALC CONC	0.9144	36	8.6	Estructura de entrada y la estructura de salida con alta presencia de vegetación y maleza, no presenta muro cabezal, presenta un recubrimiento de 20 cm y acompañamiento de aletas. estado en general regular
28+245	ALC CONC	0.5588	22	9.4	Estructura de entrada presenta alta vegetación, no se visualiza fisuras ni socavación, la estructura de salida no presenta muro cabezal ni aletas, presenta un recubrimiento aproximado de 30 cm de concreto.
28+320	BOX	1 X 1		10.7	Estructura de entrada y la estructura de salida en buen estado, no se evidencia fisuras ni socavación, presenta vegetación en la estructura de salida.
28+460	BOX	1 X 1		9	Estructura de entrada no presenta fisuras ni grietas, presenta socavación en la losa inferior del cajón, estructura de salida en buen estado.
28+550	ALC CONC	0.5588	22	9.2	Estructura de entrada colmatada por sedimentación y vegetación de difícil acceso para inspección visual, la estructura de salida no presenta socavación ni fisuras, en general falta mantenimiento.
28+810	ALC CONC	0.9144	36	9.2	Estructura de entrada saturada por sedimentación y vegetación, la estructura no es visible, la estructura de salida presenta sedimentación y basuras, falta limpieza al descole.
29+090	ALC CONC	0.5588	22	8.1	Estructura de entrada presenta abundante sedimentación por basura y material grueso de la ladera del talud, no se visualiza socavación, la estructura de salida presenta sedimentación y basuras. Falta mantenimiento.
29+170	ALC CONC	0.9144	36	9.1	la estructura de entrada presenta poceta disipadora, estructura con presencia de mangueras, la estructura de salida presenta

					socavación y vegetación,
--	--	--	--	--	--------------------------

Fuente: Elaboración Propia

A lo largo del tramo también se encontró un puente ubicado como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. Localización de Puentes.

Puente Quebrada Agua Fría	
PR29+713	Inicio
PR29+729	Fin

Fuente: Elaboración Propia

7. ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD

7.1 Análisis.

Recopilando la información existente de la accidentalidad del tramo estudiado, mediante los reportes de la policía y la base de datos del INVIAS, se tabularon los datos de fecha y PR de los accidentes ocurridos.

Tabla 10. Inventario de Accidentes.

AÑO 2007		AÑO 2008		AÑO 2009	
FECHA	ABSCISA	FECHA	ABSCISA	FECHA	ABSCISA
10/04/2007	26+400	02/03/2008	29+400	05/02/2009	26+950
04/05/2007	29+100	13/03/2008	29+100	14/04/2009	30+000
23/05/2007	29+100	04/05/2008	29+300	14/04/2009	30+000
23/06/2007	29+800	06/05/2008	29+300	26/04/2009	29+150
13/08/2007	29+820	11/05/2008	29+300	30/07/2009	29+880
		14/05/2008	29+000	23/08/2009	27+750
		08/06/2008	27+800		
		15/06/2008	29+100		
		27/07/2008	29+350		
AÑO 2010		AÑO 2011		AÑO 2012	
FECHA	ABSCISA	FECHA	ABSCISA	FECHA	ABSCISA
17/01/2010	30+000	30/01/2011	28+400	27/01/2012	28+700
24/01/2010	29+980	03/02/2011	30+000	28/02/2012	30+000
01/02/2010	29+800	04/02/2011	29+400	03/03/2012	26+700
07/02/2010	29+500	20/02/2011	30+000	06/03/2012	29+040
09/02/2010	28+000	25/02/2011	27+150	14/04/2012	29+590
10/02/2010	29+950			16/04/2012	30+000
16/02/2010	26+300			17/05/2012	29+800
08/03/2010	30+000			24/05/2012	29+200
11/03/2010	29+900			01/06/2012	30+000
28/04/2010	28+060			10/06/2012	29+500
02/05/2010	27+000			17/06/2012	30+000
02/06/2010	26+000			22/06/2012	30+000
04/06/2010	29+900			01/07/2012	29+500
13/06/2010	28+550			30/07/2012	29+800
26/06/2010	29+000			25/08/2012	26+000
29/06/2010	29+800			12/09/2012	26+000
24/07/2010	26+900			13/09/2012	28+700
01/08/2010	28+700			22/11/2012	26+300
02/08/2010	28+100				
30/09/2010	30+000				
08/10/2010	28+000				
09/12/2010	26+450				

Fuente: Elaboración Propia

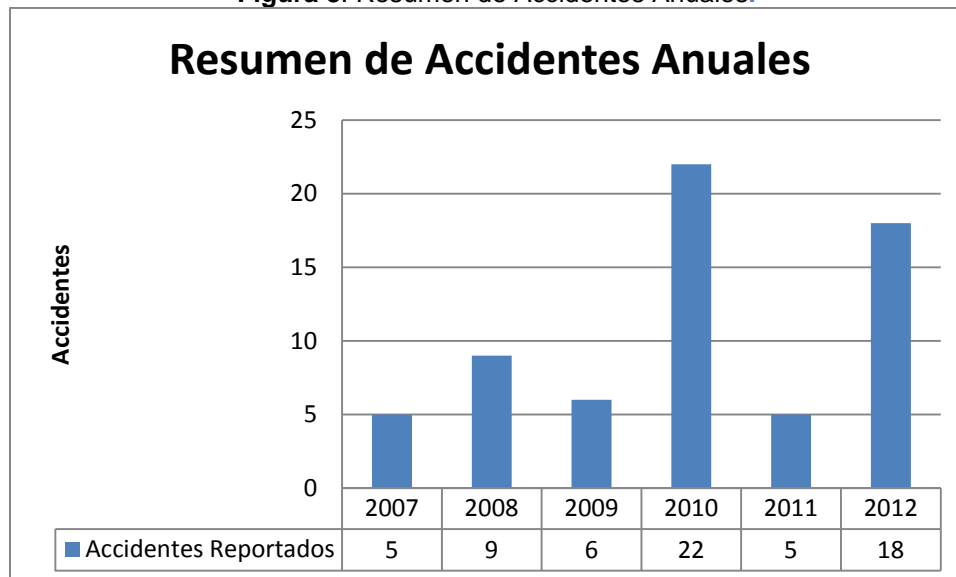
7.2 Índices e Indicadores Globales de Análisis de Accidentalidad.

El análisis de diferentes casos de accidentalidad presentado a lo largo del país, han permitido generar índices de accidentalidad con los cuales se puede llegar a clasificar las vías del país en función de las características de la seguridad vial. En general, los índices, se obtienen en unidades medibles por unidad de habitantes, cantidad de vehículos, entre otros.

7.2.1 Accidentalidad Anual.

Como se observa en la Figura 8 (Resumen de Accidentes Anuales), accidentalidad que reposa en la base de datos del Instituto Nacional de Vías del tramo de interés, la tasa de puede ser de gran importancia si se piensa en la importancia que se tiene proyectada para la Transversal del Carare en la comunicación vial del Departamento.

Figura 8. Resumen de Accidentes Anuales.



Fuente: Elaboración Propia

De igual manera para los mismos años la tasa de accidentalidad mensual se obtiene la siguiente:

Tabla 11. Tasa Mensual de Accidentes Ocurridos.

AÑO	TASA DE ACCIDENTALIDAD MENSUAL
2007	0.42
2008	0.75
2009	0.50
2010	1.83
2011	0.42
2012	1.50

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados la seguridad vial del tramo es relativamente bueno, si se considera que de los 6 años analizados solo dos sobrepasan más de 1 accidente mensual y que en uno de ellos (2010) la ruta 6207 era uno de los principales ejes viales para salir y entrar a la capital del departamento debido a la ola invernal presentada.

7.2.2 Según Causas Probables.

El reporte de todo accidente dentro de los parámetros de identificación del INVIAS en el formato ACC-1 se codifica según la Tabla 12, datos que se utilizan por parte del instituto y de la policía para análisis estadísticos y bases de datos.

Tabla 12. Codificación de Causas Probables de Accidentalidad.

001 - Exceso de velocidad	118 - Falta de mantenimiento mecánico	142 - Semáforo en rojo
002 - Fallas mecánicas	119 - Frenar bruscamente	143 - Poner en marcha vehículo sin precaución
003 - Embriaguez	120 - Pasajeros obstruyendo al conductor	201 - Fallas en las llantas
004 - Daños de la calzada	121 - No Mantener Distancia De Seguridad	202 - Fallas en los frenos
005 - Vehículo, objeto, persona o animal en la vía	122 - Girar bruscamente	203 - Falla en la dirección
006 - Imprudencia del peatón	123 - Girar sin indicación	204 - Fallas en las luces direccionales
007 - Imprudencia del conductor	124 - No cambiar luces	205 - Fallas en las luces de los frenos
008 - Deslizamiento o derrumbe	125 - Parquear sin seguridad	206 - Fallas en las luces delanteras
101 - Adelantar en Curva	126 - Animales en la vía	207 - Fallas en las luces posteriores

102 - Adelantar por la Derecha	127 - Transitar en contravía	208 - Fallas en el pito
103 - Adelantar Cerrando	128 - Recoger o dejar pasajeros sobre la vía	209 - Fallas en el exhosto, gases en el interior del vehículo
104 - Adelantar Invadiendo Vía	129 - Transitar sin luces	210 - Fallas en el limpiabrisas
105 - Adelantar en Zona Prohibida	130 - Salirse de la vía	211 - Fallas en el sistema eléctrico
106 - Aprovisionamiento Indebido	131 - Subirse al andén	212 - Fallas en las puertas
107 - Cambio de Carril sin Indicación	132 - No respetar prelación	213 - Ausencia o deficiencia del espejo retrovisor
108 - Carga Sobresaliente sin Señal	133 - Reverso imprudente	214 - Vidrios en mal estado
109 - Sueño por Cansancio	134 - Impericia en el manejo	215 - Fallas en la tapa del motor
110 - Distraerse	135 - Transitar por fuera del carril	301 - Pavimento liso
111 - Dejar Obstáculo en la Vía	136 - Transitar zigzagueando	304 - Superficie húmeda
112 - Desobedecer las Señales	137 - Remolque sin precaución	501 - Viajar colgado o en los estribos
113 - Desobedecer al agente	138 - Incendio por reparación indebida	502 - Descender o subir de vehículo en marcha
115 - Drogadicción del conductor	139 - Falta de señales en vehículo varado	503 - Pasajero embriagado
116 - Exceso de velocidad	140 - Falta de precaución por niebla, lluvia, humo	099 - No Determinada
117 - Explosivos o similares con pasajeros	141 - Vehículo mal estacionado	

Fuente: Formato ACC-1 INVIAS

En nuestro tramo de vía analizado se presenta a continuación la Tabla 13, donde se muestra el resumen de accidentes según la causa probable establecida.

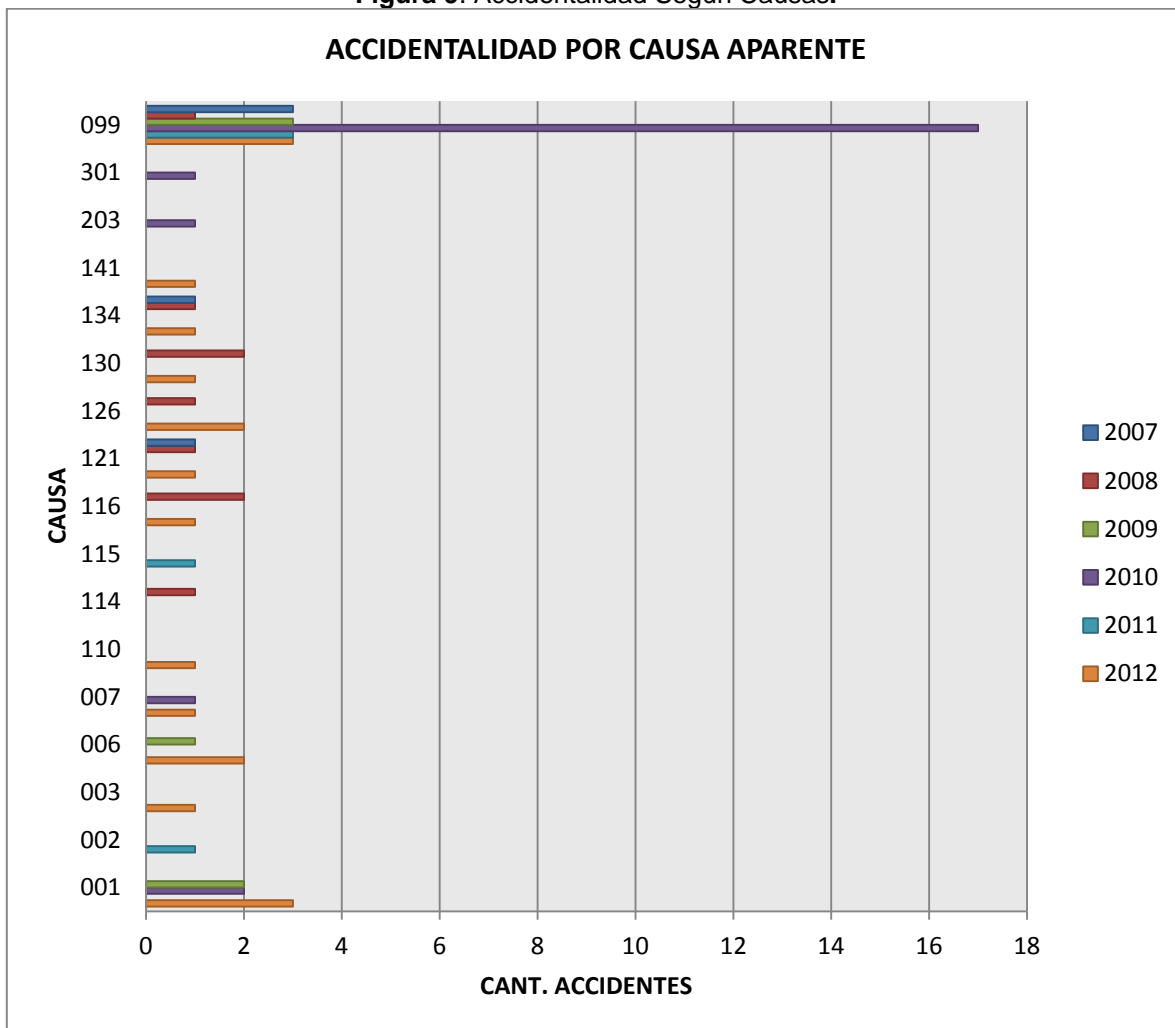
Tabla 13. Resumen de Accidentes Según la Causa.

CAUSA	CANT. 2007	CANT. 2008	CANT. 2009	CANT. 2010	CANT. 2011	CANT. 2012
001	0	0	2	2	0	3
002	0	0	0	0	1	0
003	0	0	0	0	0	1
006	0	0	1	0	0	2
007	0	0	0	1	0	1
110	0	0	0	0	0	1
114	0	1	0	0	0	0
115	0	0	0	0	1	0

116	0	2	0	0	0	1
121	1	1	0	0	0	1
126	0	1	0	0	0	2
130	0	2	0	0	0	1
134	1	1	0	0	0	1
141	0	0	0	0	0	1
203	0	0	0	1	0	0
301	0	0	0	1	0	0
099	3	1	3	17	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Accidentalidad Según Causas.



Fuente: Elaboración Propia

Analizando la gráfica anterior, se puede clasificar estos accidentes por el factor más relevante que lo causa, en su orden: Factor Humano, Factor Ambiente y Factor Vía. Se observa que predomina en los reportes de causa no determinada

(099), la cual puede estar asociada con falta de compromiso de quien realiza la investigación del accidente.

7.2.3 Según la Clase de Accidente.

El INVIAS clasifica y codifica los accidentes en función de la siguiente tabla:

Tabla 14. Codificación de la Clase de Accidente.

01	Choque	05	Incendio
02	Atropello	06	Salida de la Vía
03	Volcamiento	07	Caída de Carga
04	Caída de Ocupante	08	Caída de Piedra

Fuente: Formato ACC-1 INVIAS

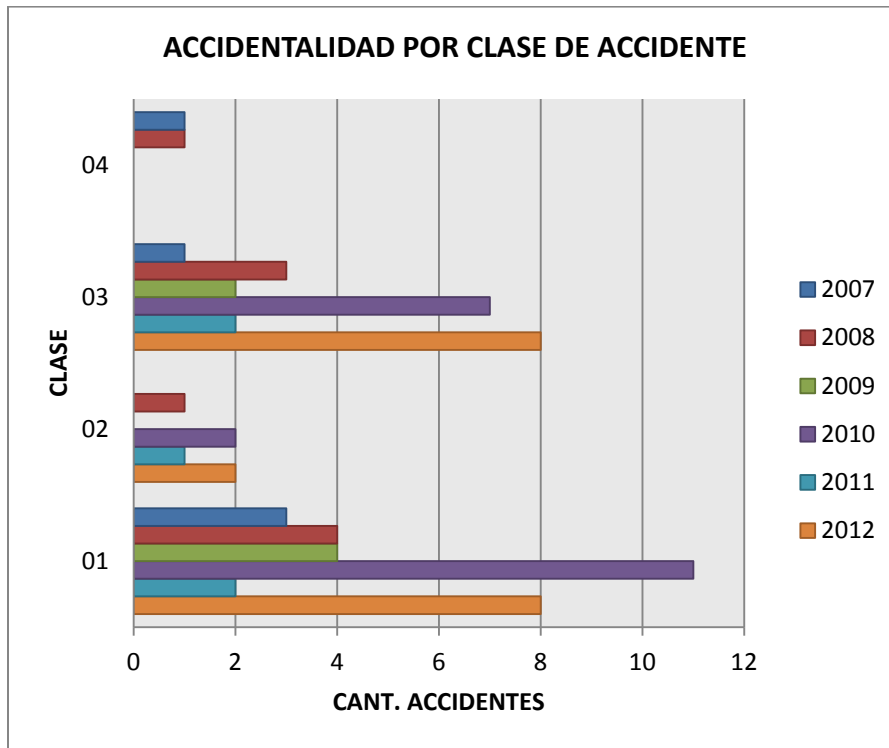
En función de la anterior clasificación se analizó el tramo, obteniéndose la siguiente tabla de clasificación:

Tabla 15. Accidentes Según Clase de Accidentes.

CLASE DE ACCIDENTE	CANT. 2007	CANT. 2008	CANT. 2009	CANT. 2010	CANT. 2011	CANT. 2012
01	3	4	4	11	2	8
02	0	1	0	2	1	2
03	1	3	2	7	2	8
04	1	1	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Accidentalidad Según Clase de Accidente.



Fuente: Elaboración Propia

7.2.4 Según Elementos que Intervienen.

El INVIAS clasifica y codifica los elementos involucrados en los accidentes en función de la siguiente tabla:

Tabla 16. Codificación de los Accidentes Según los Elementos.

01 - Automóvil	15 - No Identificado
02 - Bus	16 - Tren
03 - Buseta	18 - Muro
04 - Camión	19 - Poste
05 - Camioneta	20 - Arbol
06 - Campero	21 - Baranda
07 - Microbus	22 - Semaforo
08 - Vehículo articulado	23 - Inmueble
09 - Volqueta	24 - Hidrante
10 - Motocicleta	25 - Valla - señal
11 - Maquinaria	26 - Tarima - caseta
12 - Tracción Animal	27 - Vehículo estacionado
13 - Bicicleta	

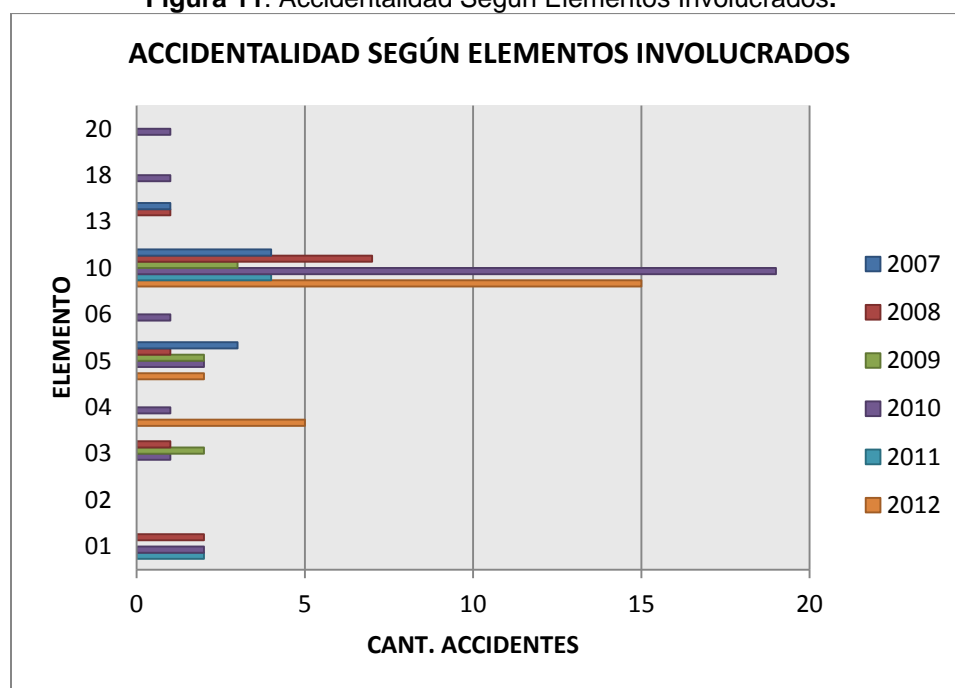
Fuente: Formato ACC-1 INVIAS

Tabla 17. Elementos Intervenidos en los Accidentes.

ELEMENTO INVOLUCRADO	CANT. 2007	CANT. 2008	CANT. 2009	CANT. 2010	CANT. 2011	CANT. 2012
01	0	2	0	2	2	0
02	0	0	0	0	0	0
03	0	1	2	1	0	0
04	0	0	0	1	0	5
05	3	1	2	2	0	2
06	0	0	0	1	0	0
10	4	7	3	19	4	15
13	1	1	0	0	0	0
18	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	1	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Accidentalidad Según Elementos Involucrados.



Fuente: Elaboración Propia

7.3 Cálculo de Índices Localizados.

7.3.1 Índice de Peligrosidad.

Para la identificación de tramos críticos, existen índices que permiten identificar la mayor ocurrencia o presencia de eventos en tramos de estudio, obteniendo el número de accidentes al año, por vehículo por kilómetro.

Índice de Peligrosidad (basado en el número total de accidentes)

$$I_{pat} = \frac{\text{Total de accidentes} * 10^6}{\text{TPD} * 365 * L}$$

Índice de Peligrosidad (basado en el número total de accidentes con víctimas)

$$I_{pav} = \frac{\text{Total de accidentes con víctimas} * 10^6}{\text{TPD} * 365 * L}$$

Índice de Severidad

$$IS = \frac{(M * 18 + H * 2 + S * 1) * 10^6}{\text{TPD} * 365 * L}$$

Donde M es el número de accidentes con muertos, H el número de accidentes con heridos, S el número de accidentes con daños a propiedades, TPD el tránsito promedio diario semanal del tramo analizado, y L la longitud del tramo a analizar.

A continuación se presentan las tablas resumen de los diferentes índices analizados, cada uno de ellos separado por tramos de 1 kilómetro y años de estudio.

Tabla 18. Índices de Accidentalidad.

ANO 2007											
DATOS DE ENTRADA										INDICES DE ACCIDENTALIDAD	
PR	ACCIDENTES TOTALES	ACCIDENTES CON VICTIMAS	ACCIDENTES CON MUERTOS	ACCIDENTES CON HERIDOS	ACCIDENTES CON DANOS A PROPIEDADES	NUMERO DE VICTIMAS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	LONGITUD (Km)	lpat	lpav	IS
26 - 27	1	1	0	1	0	1	403	1	6.80	6.80	13.60
27 - 28	0	0	0	0	0	0	403	1	0.00	0.00	0.00
28 - 29	0	0	0	0	0	0	403	1	0.00	0.00	0.00
29 - 30	4	3	0	3	1	4	403	1	27.19	20.39	47.59
TOTAL	5	4	0	4	1						

ANO 2008											
DATOS DE ENTRADA										INDICES DE ACCIDENTALIDAD	
PR	ACCIDENTES TOTALES	ACCIDENTES CON VICTIMAS	ACCIDENTES CON MUERTOS	ACCIDENTES CON HERIDOS	ACCIDENTES CON DANOS A PROPIEDADES	NUMERO DE VICTIMAS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	LONGITUD (Km)	lpat	lpav	IS
26 - 27	0	0	0	0	0	0	370	1	0.00	0.00	0.00
27 - 28	1	1	0	1	0	2	370	1	7.40	7.40	14.81
28 - 29	0	0	0	0	0	0	370	1	0.00	0.00	0.00
29 - 30	8	7	0	7	1	7	370	1	59.24	51.83	111.07
TOTAL	9	8	0	8	1						

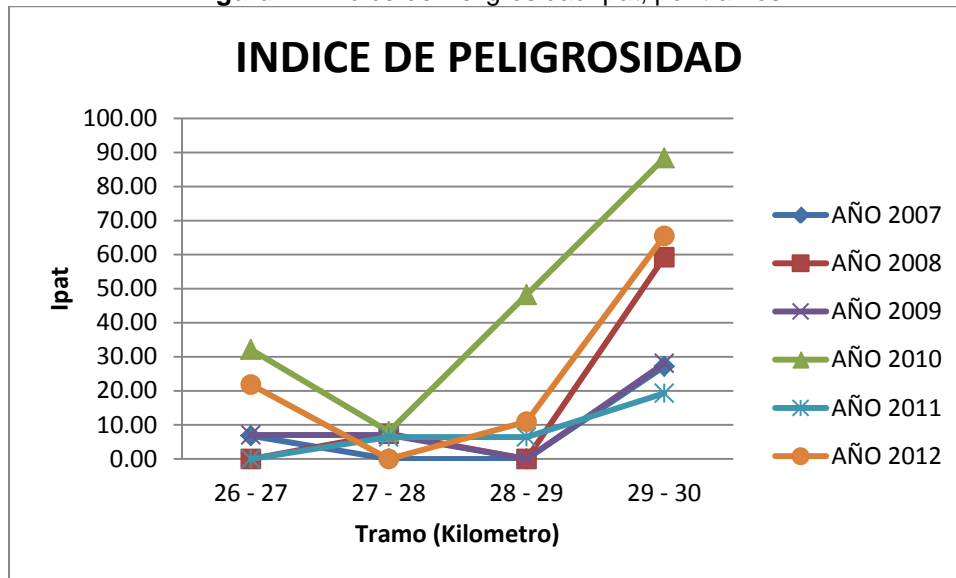
ANO 2009											
DATOS DE ENTRADA										INDICES DE ACCIDENTALIDAD	
PR	ACCIDENTES TOTALES	ACCIDENTES CON VICTIMAS	ACCIDENTES CON MUERTOS	ACCIDENTES CON HERIDOS	ACCIDENTES CON DANOS A PROPIEDADES	NUMERO DE VICTIMAS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	LONGITUD (Km)	lpat	lpav	IS
26 - 27	1	1	0	1	0	3	390	1	7.02	7.02	14.05
27 - 28	1	1	0	1	0	1	390	1	7.02	7.02	14.05
28 - 29	0	0	0	0	0	0	390	1	0.00	0.00	0.00
29 - 30	4	3	0	3	1	4	390	1	28.10	21.07	49.17
TOTAL	6	5	0	5	1						

ANO 2010											
DATOS DE ENTRADA										INDICES DE ACCIDENTALIDAD	
PR	ACCIDENTES TOTALES	ACCIDENTES CON VICTIMAS	ACCIDENTES CON MUERTOS	ACCIDENTES CON HERIDOS	ACCIDENTES CON DANOS A PROPIEDADES	NUMERO DE VICTIMAS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	LONGITUD (Km)	lpat	lpav	IS
26 - 27	4	3	0	3	1	6	341	1	32.14	24.10	56.24
27 - 28	1	1	0	1	0	1	341	1	8.03	8.03	16.07
28 - 29	6	3	0	3	3	4	341	1	48.21	24.10	72.31
29 - 30	11	9	0	9	2	9	341	1	88.38	72.31	160.69
TOTAL	22	16	0	16	6						

ANO 2011											
DATOS DE ENTRADA										INDICES DE ACCIDENTALIDAD	
PR	ACCIDENTES TOTALES	ACCIDENTES CON VICTIMAS	ACCIDENTES CON MUERTOS	ACCIDENTES CON HERIDOS	ACCIDENTES CON DANOS A PROPIEDADES	NUMERO DE VICTIMAS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	LONGITUD (Km)	lpat	lpav	IS
26 - 27	0	0	0	0	0	0	426	1	0.00	0.00	0.00
27 - 28	1	1	0	1	0	1	426	1	6.43	6.43	12.86
28 - 29	1	1	0	1	0	1	426	1	6.43	6.43	12.86
29 - 30	3	2	0	2	1	2	426	1	19.29	12.86	32.16
TOTAL	5	4	0	4	1	1					

ANO 2012											
DATOS DE ENTRADA										INDICES DE ACCIDENTALIDAD	
PR	ACCIDENTES TOTALES	ACCIDENTES CON VICTIMAS	ACCIDENTES CON MUERTOS	ACCIDENTES CON HERIDOS	ACCIDENTES CON DANOS A PROPIEDADES	NUMERO DE VICTIMAS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	LONGITUD (Km)	lpat	lpav	IS
26 - 27	4	3	0	3	1	3	502	1	21.83	16.37	38.20
27 - 28	0	0	0	0	0	0	502	1	0.00	0.00	0.00
28 - 29	2	2	0	2	0	2	502	1	10.92	10.92	21.83
29 - 30	12	9	0	9	3	10	502	1	65.49	49.12	114.61
TOTAL	18	14	0	14	4	4					

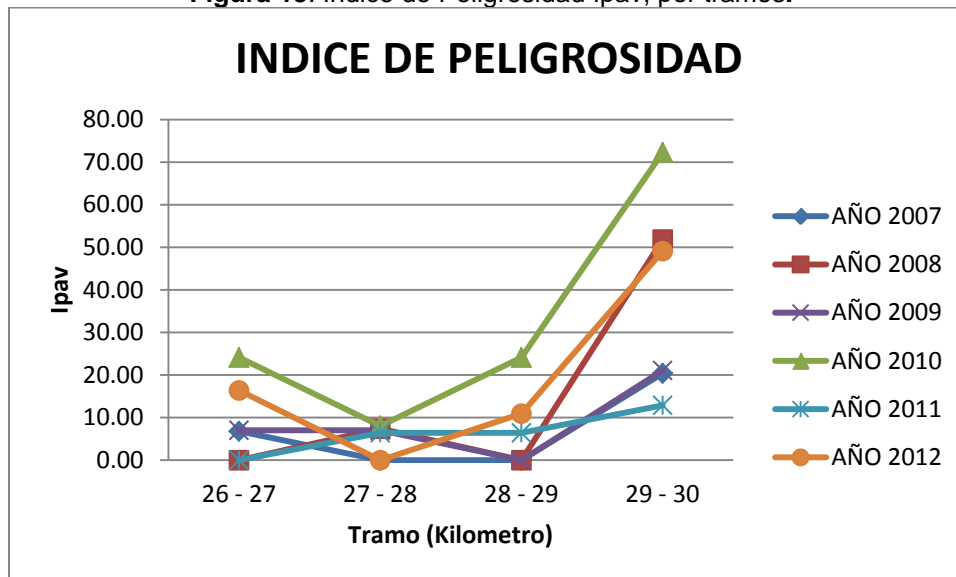
Figura 12. Índice de Peligrosidad Ipat, por tramos.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior, se observa la tendencia a los mayores índices de la peligrosidad por accidentes totales en el tramo del PR29 al PR30, consecuencia que se podría argumentar por la condición de mayor concentración de curvas en este tramo de vía, comparada con el resto de segmentos de vía, altas pendientes longitudinales y la corta visibilidad de las curvas 11, 12, 13 y 14.

Figura 13. Índice de Peligrosidad Ipvav, por tramos.

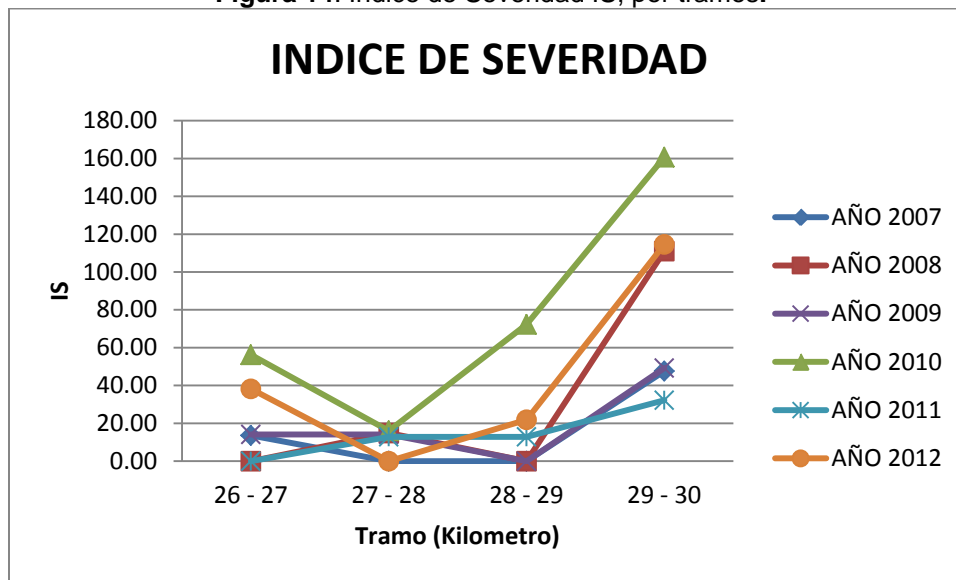


Fuente: Elaboración Propia

Al igual que el índice de peligrosidad I_{pat} basado en el número total de accidentes, el tramo de vía que presenta mayor índice I_{pav} es el comprendido entre el PR29 al PR30, comportamiento que se pueden asociar a las dadas para el Índice I_{pat} .

Una de las posibles causas del comportamiento de este índice, es la cercanía con el casco urbano del municipio de Cimitarra.

Figura 14. Índice de Severidad IS, por tramos.



Fuente: Elaboración Propia

La Figura 14 muestra el comportamiento del índice de severidad IS de los tramos analizados en los años de Estudio, se observa la misma tendencia que tienen los índices de peligrosidad, es decir un aumento en el último tramo de estudio.

En resumen de las figuras anteriores se presenta la siguiente tabla:

Tabla 19. Resumen Datos Analizados.

TOTAL ACCIDENTES REPORTADOS	65	
TOTAL ACCIDENTES CON VICTIMAS	51	78.5%
TOTAL ACCIDENTES CON MUERTOS	0	0.0%
TOTAL ACCIDENTES CON SOLO DAÑOS	14	21.5%
PROMEDIO DE ACCIDENTES / KM / AÑO	2.7	
ACCIDENTES CON MUERTES / KM / AÑO	0	
ACCIDENTES CON SOLO DAÑOS / KM / AÑO	0.58	

TRAMO CRITICO AÑO 2007	PR29 - PR30
TRAMO CRITICO AÑO 2008	PR29 - PR30
TRAMO CRITICO AÑO 2009	PR29 - PR30
TRAMO CRITICO AÑO 2010	PR29 - PR30
TRAMO CRITICO AÑO 2011	PR29 - PR30
TRAMO CRITICO AÑO 2012	PR29 - PR30

Fuente: Elaboración Propia

8. APLICACION DEL SOFTWARE IHSDM

8.1 Interactive Highway Safety Design Model IHSDM.

El IHSDM (*Interactive Highway Safety Design Model*) fue desarrollado en 1993 por la *Federal Highway Administration* – FHWA (Administración vial de carreteras de los EE.UU) como una herramienta para el análisis operacional y de consistencia en carreteras rurales de dos carriles en doble sentido, aplicable a trazados en proyecto o carreteras en servicio.⁶

El programa en su versión actual se divide en seis módulos de evaluación; cada módulo del IHSDM evalúa el diseño geométrico existente o propuesto desde una perspectiva diferente y proporciona estimaciones que describen aspectos de seguridad y desempeño operativo. Cada uno de estos módulos analiza el diseño geométrico desde una perspectiva diferente, así:⁷

- *Policy Review Module (PRM)*: el módulo de revisión de la norma: se enfoca en la búsqueda de elementos críticos del diseño, realizando una comparación con la normativa vigente y los elementos geométricos de la vía en estudio; se debe tener en cuenta que es posible realizar este análisis para la normativa de cualquier país, siempre y cuando se adapten los parámetros de la normativa particular de la región con respecto a los parámetros y variables estipulados en el software correspondiente y enfocados a la normativa AASHTO.
- *Crash Prediction Module (CPM)*: módulo de predicción de accidentes: realiza una predicción de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes así como también de la severidad de los mismos en los puntos críticos. El software define algunas acciones correctivas para la deficiencia que se presenta en los puntos críticos.

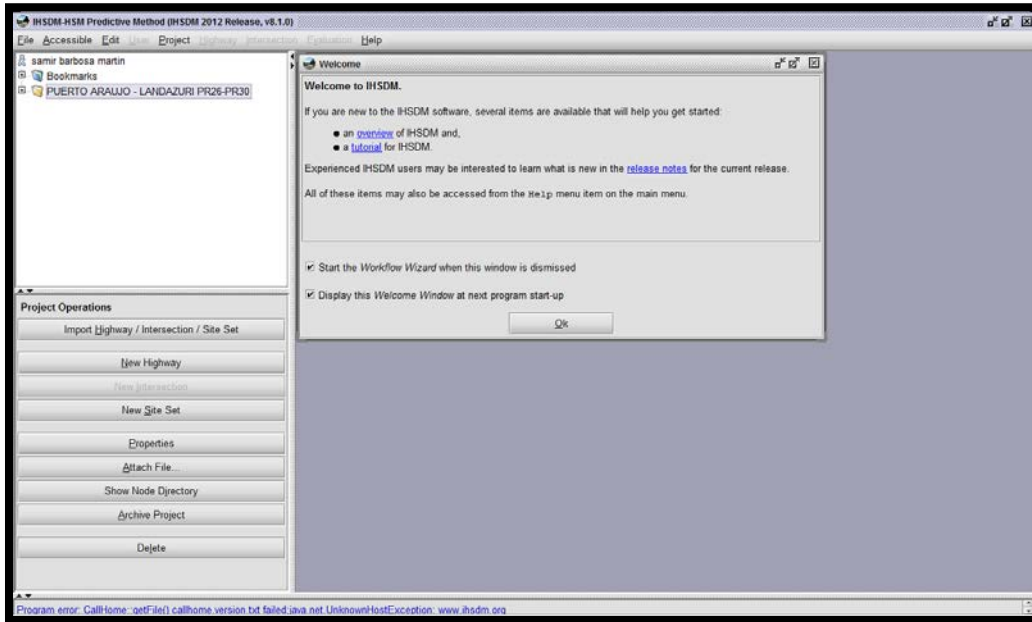
6 Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM), *User's Manual*, Federal Highway Administration (FHWA), Febrero, 2011

7 Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM), *Engineer's Manual*, Federal Highway Administration Office of Safety Research and Development, Junio de 2010

- *Design Consistency Module (DCM)*: módulo de consistencia de diseño: este módulo calcula velocidades de operación esperadas y medidas de consistencia operación – velocidad. El módulo evalúa la regularidad de la velocidad a lo largo de la carretera, teniendo en cuenta elementos consecutivos de curva-tangente-curva, modelos de perfil de velocidades, velocidad a flujo libre y pendientes longitudinales de la carretera en estudio.
- *Traffic Analysis Module (TAM)*: Módulo de análisis de tránsito: Estima los efectos operacionales de los diseños viales bajo las demandas actuales y proyectadas.
- *Intersection Review Module (IRM)*: Módulo de revisión de intersecciones: guía a los usuarios a través de una evaluación sistemática de los elementos de diseño de una intersección en relación con su seguridad probable y rendimiento operacional.
- *Driver/Vehicle Module (DVM)*: Módulo Conductor/vehículo: Estima la velocidad del conductor y la elección de la trayectoria a lo largo de la carretera, teniendo en cuenta aceleración lateral, requerimientos de fricción y momento de vuelco.

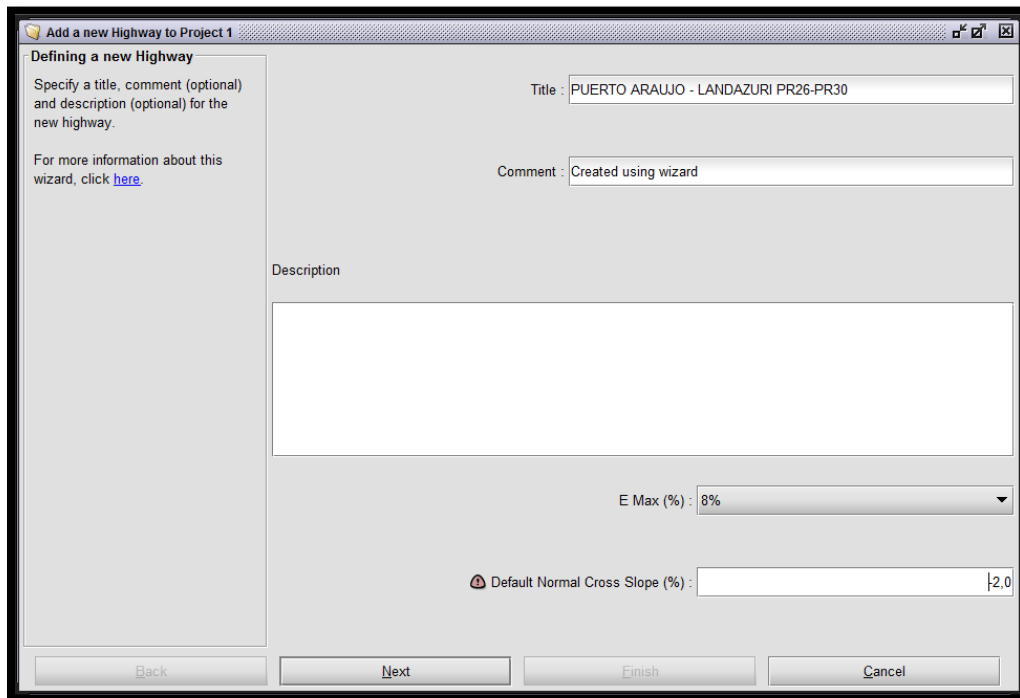
El módulo de predicción de accidentes fue el utilizado para la evaluación del tramo de vía, del cual se presentan a continuación Figuras del entorno de trabajo para los usuarios del software:

Figura 15. Ventana de Inicio para Crear un Nuevo Proyecto.



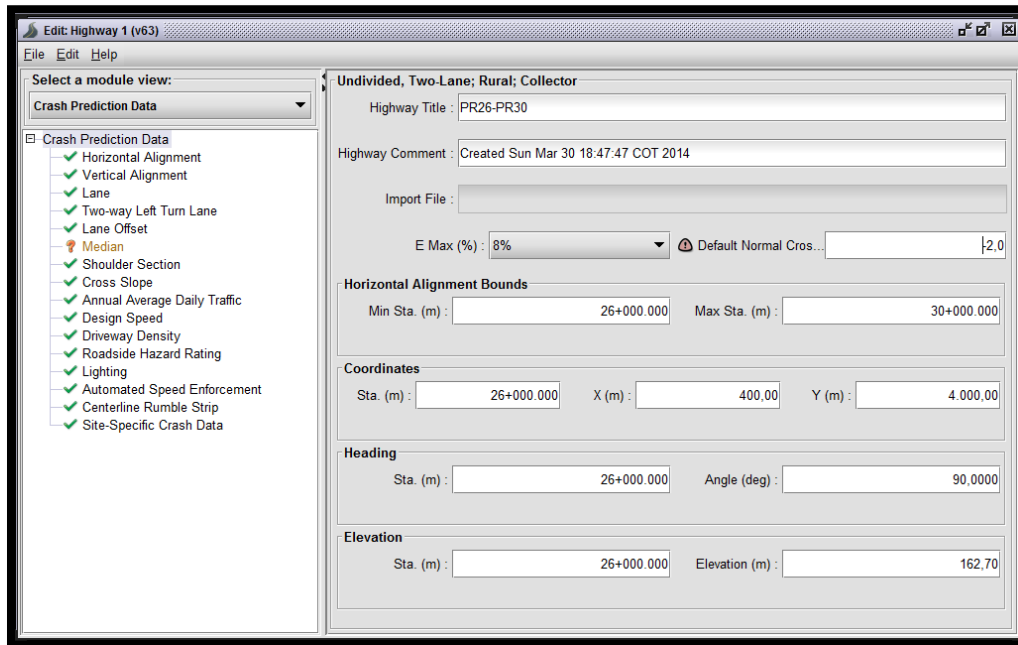
Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

Figura 16. Descripción del proyecto.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

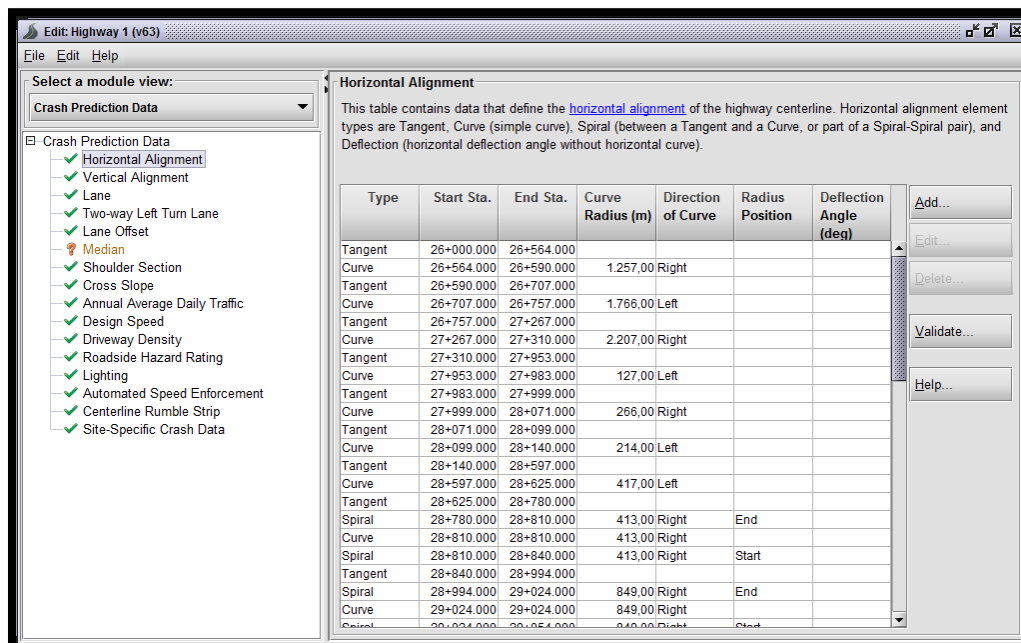
Figura 17. Ventana Principal, Submenú: General.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

En el submenú General se ingresan los datos de inicio y fin del tramo, elevación inicial, bombeo normal y peralte máximo de análisis.

Figura 18. Ventana Principal, Submenú: Alineamiento Horizontal.

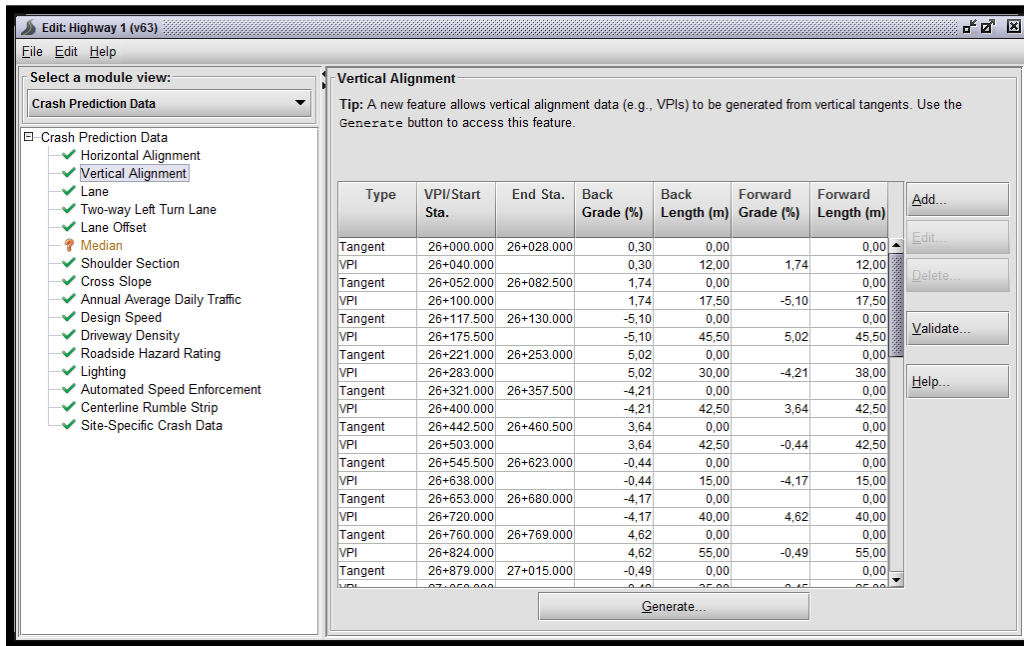


Type	Start Sta.	End Sta.	Curve Radius (m)	Direction of Curve	Radius Position	Deflection Angle (deg)
Tangent	26+000.000	26+564.000				
Curve	26+564.000	26+590.000	1.257.00	Right		
Tangent	26+590.000	26+707.000				
Curve	26+707.000	26+757.000	1.766.00	Left		
Tangent	26+757.000	27+267.000				
Curve	27+267.000	27+310.000	2.207.00	Right		
Tangent	27+310.000	27+953.000				
Curve	27+953.000	27+983.000	127.00	Left		
Tangent	27+983.000	27+999.000				
Curve	27+999.000	28+071.000	266.00	Right		
Tangent	28+071.000	28+099.000				
Curve	28+099.000	28+140.000	214.00	Left		
Tangent	28+140.000	28+597.000				
Curve	28+597.000	28+625.000	417.00	Left		
Tangent	28+625.000	28+780.000				
Spiral	28+780.000	28+810.000	413.00	Right	End	
Curve	28+810.000	28+810.000	413.00	Right		
Spiral	28+810.000	28+840.000	413.00	Right	Start	
Tangent	28+840.000	28+994.000				
Spiral	28+994.000	29+024.000	849.00	Right	End	
Curve	29+024.000	29+024.000	849.00	Right		

Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

En esta ventana se introducen todos los datos de diseño geométrico Horizontal, tales como tangentes, curvas simples, espirales.

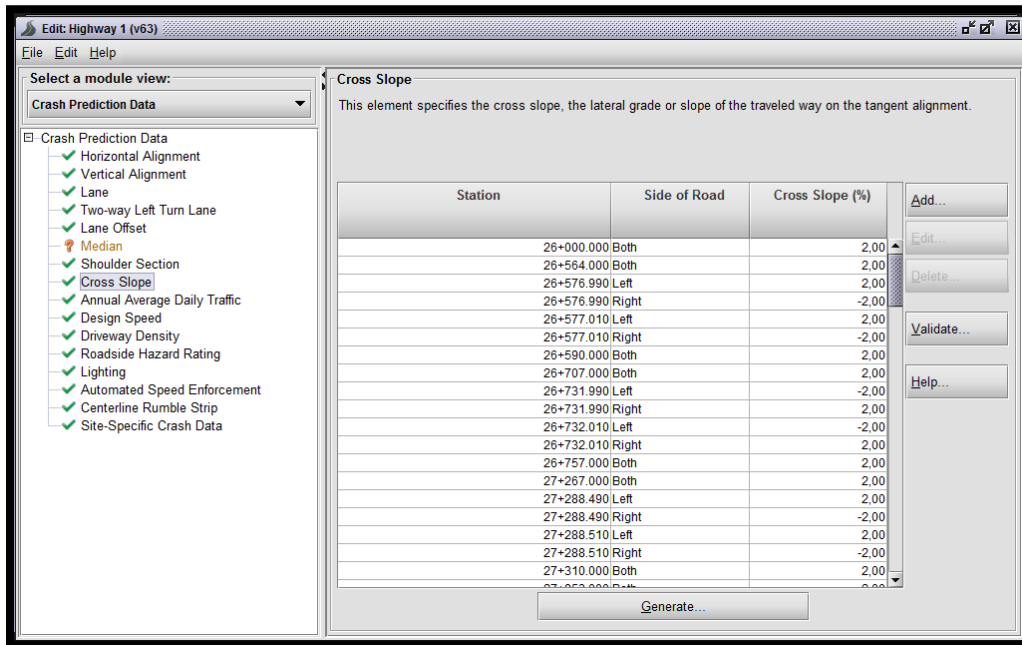
Figura 19. Ventana Principal, Submenú: Alineamiento Vertical.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

La pestaña de alineamiento vertical permite ingresar los datos de los elementos PIV, tangentes, curvas y pendientes.

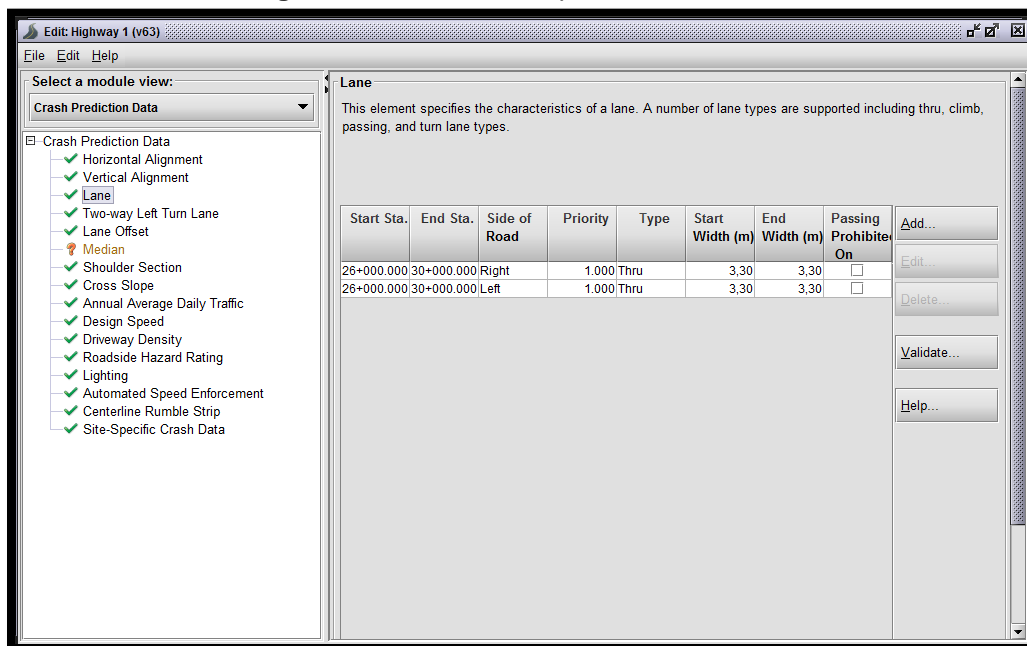
Figura 20. Ventana Principal, Submenú: Sección Transversal.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

En este submenú se ingresan los datos correspondientes a la configuración del peralte de la vía.

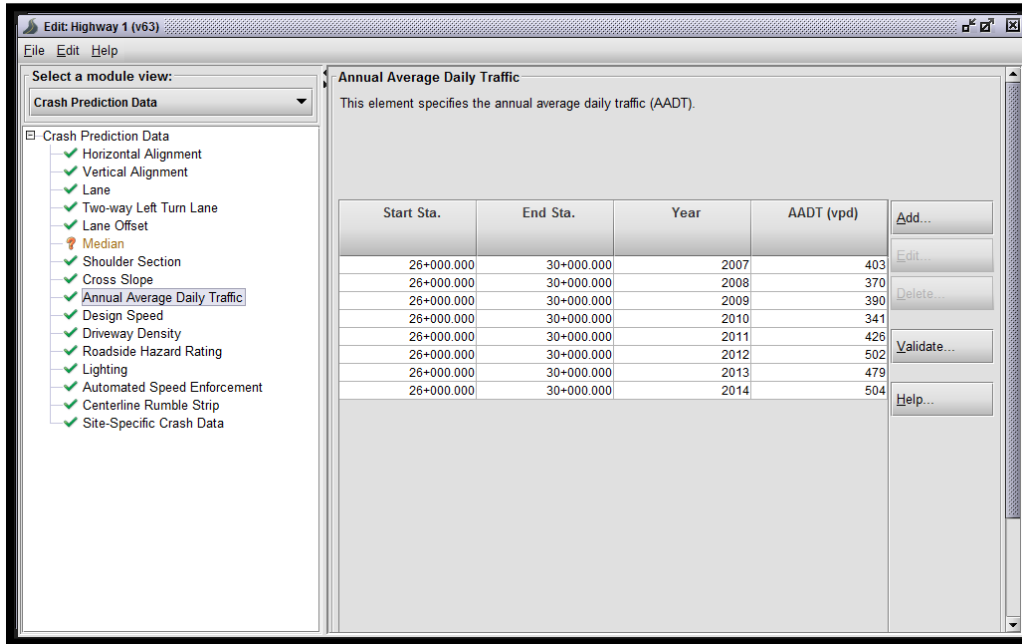
Figura 21. Ventana Principal, Submenú: Carril.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

Este submenú permite incorporar la información de los carriles que puede tener la vía en sus diferentes sectores.

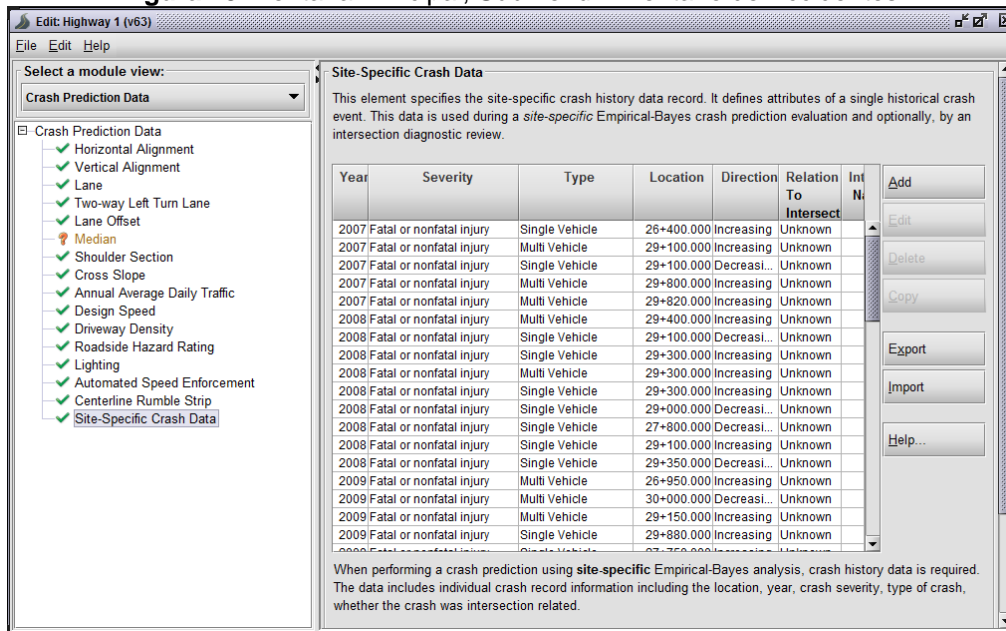
Figura 22. Ventana Principal, Submenú: TPD.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

Este submenú permite el ingreso de los datos históricos de Tráfico Promedio Diario presentes en la Vía de estudio.

Figura 23. Ventana Principal, Submenú: Inventario de Accidentes.

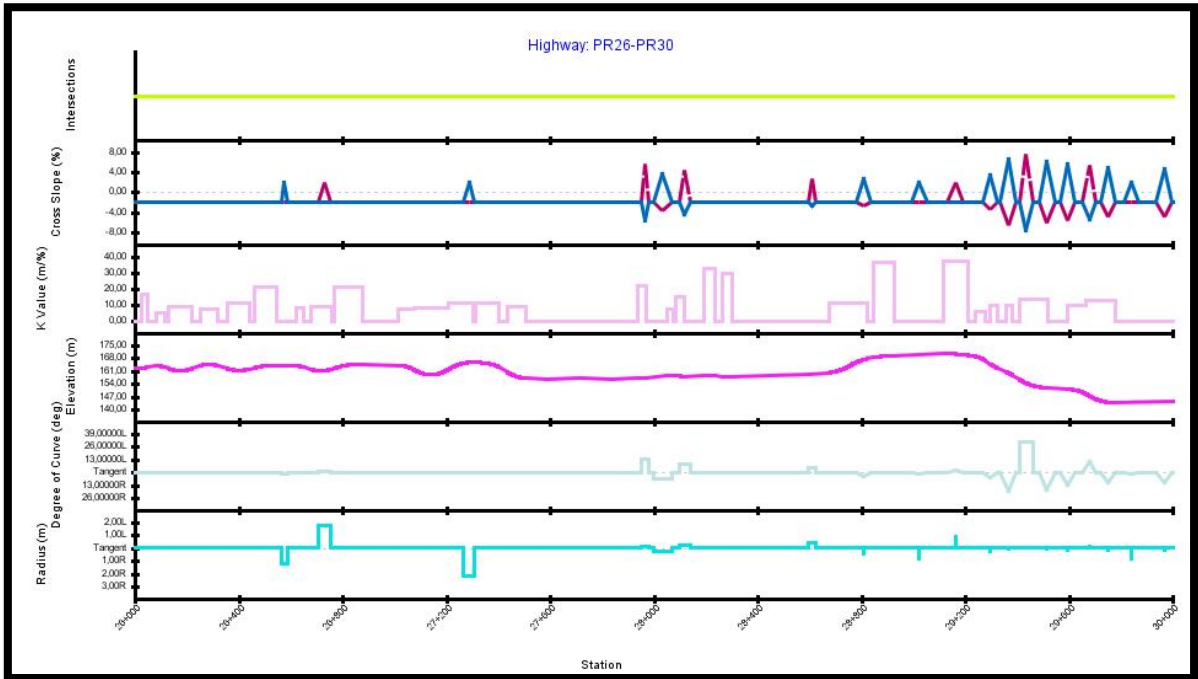


Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

Submenú al cual se incorporan los datos históricos de accidentalidad tomados de la base de datos del Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Una vez alimentado el software con los datos antes mencionados de la vía, se obtiene la Figura 24 la cual cuenta con los datos de peralte, valor K, perfil longitudinal, grados de curvatura y radios de curva.

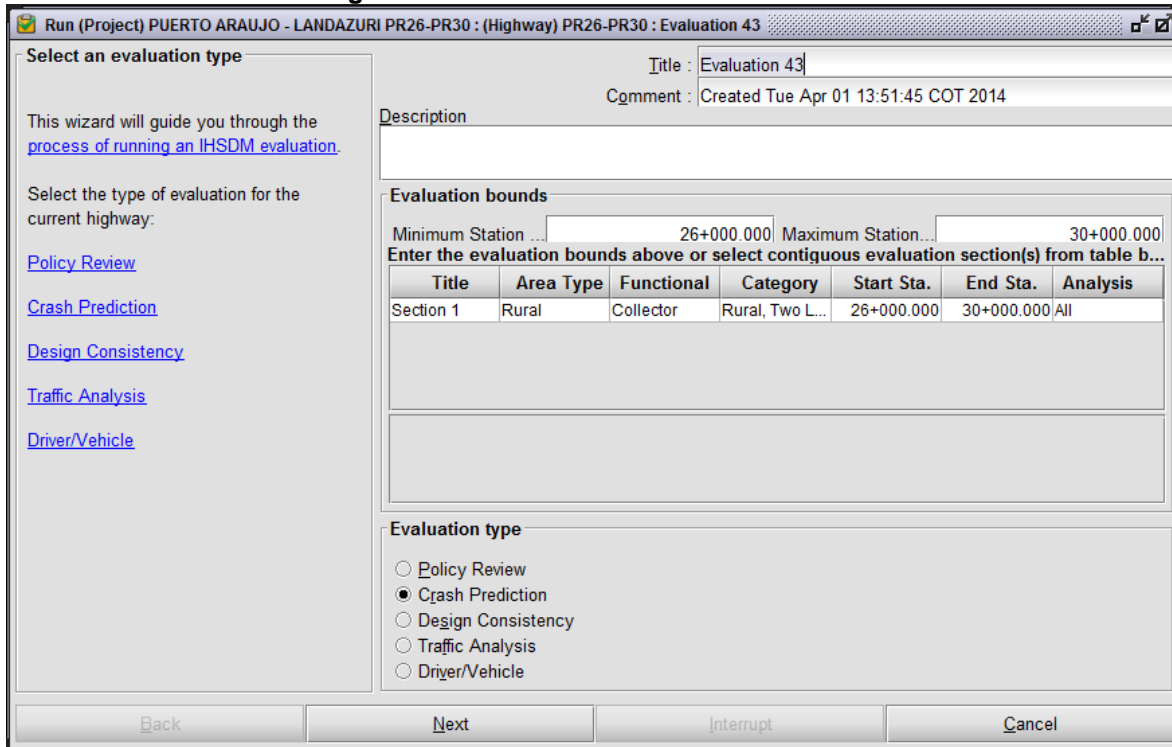
Figura 24. Características de la Vía.



Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

Después de realizar la verificación de los datos ingresados, se procede a realizar la evaluación del tramo dando clic en el Botón New Evaluation del menú principal, donde seleccionamos el tipo de evaluación en el caso de este proyecto Crash Prediction.

Figura 25. Interfaz de Evaluación del Modelo.



Select an evaluation type

This wizard will guide you through the [process of running an IHSDM evaluation](#).

Select the type of evaluation for the current highway:

[Policy Review](#)

[Crash Prediction](#)

[Design Consistency](#)

[Traffic Analysis](#)

[Driver/Vehicle](#)

Title : Evaluation 43
Comment : Created Tue Apr 01 13:51:45 COT 2014

Description

Evaluation bounds

Minimum Station ... 26+000.000 Maximum Station... 30+000.000
Enter the evaluation bounds above or select contiguous evaluation section(s) from table b...

Title	Area Type	Functional	Category	Start Sta.	End Sta.	Analysis
Section 1	Rural	Collector	Rural, Two L...	26+000.000	30+000.000	All

Evaluation type

Policy Review

Crash Prediction

Design Consistency

Traffic Analysis

Driver/Vehicle

Back Next Interrupt Cancel

Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

Una vez realizado el análisis, el software presenta un resumen de la evaluación y a su vez genera un informe con los datos obtenidos.

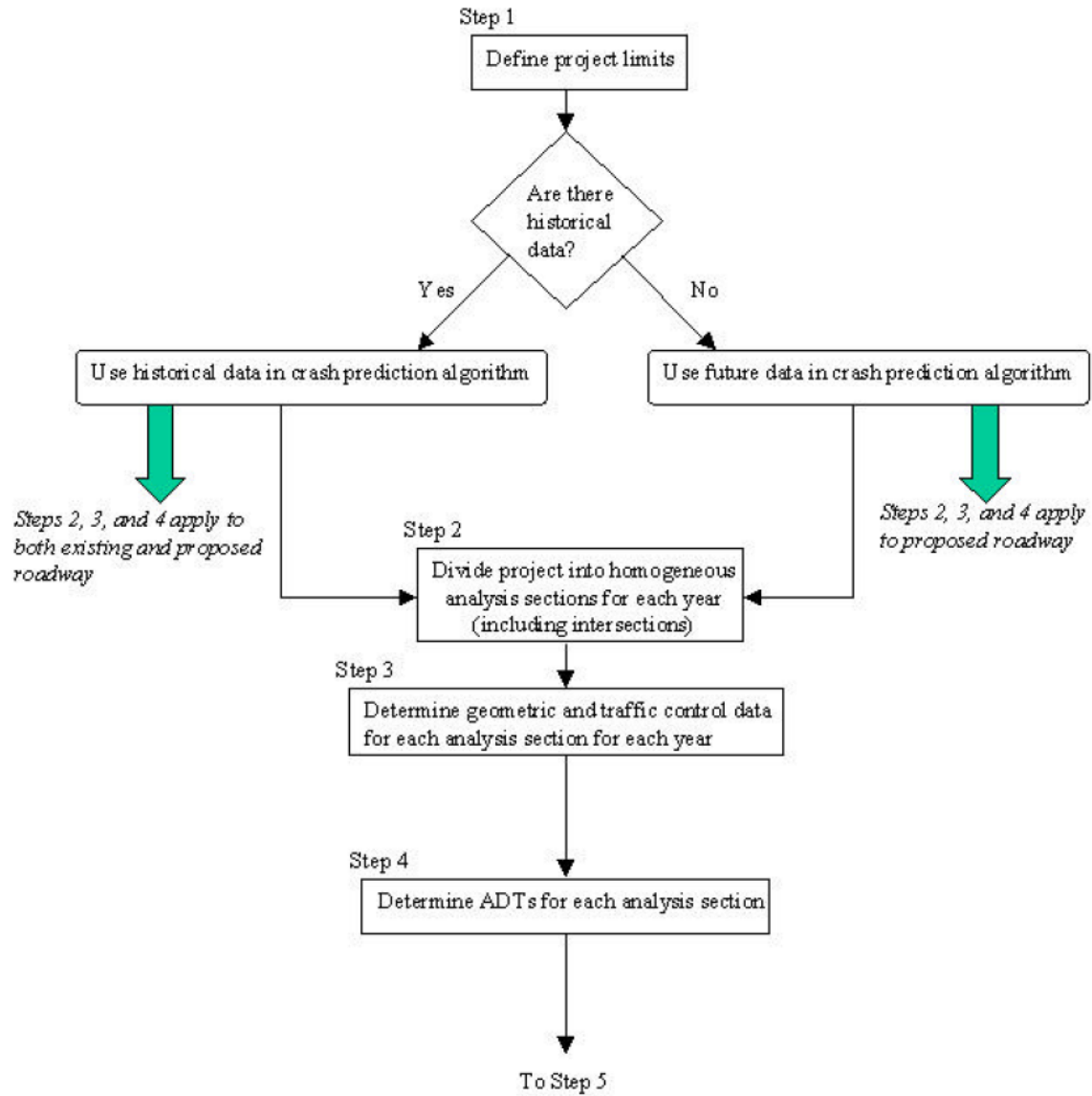
8.2 Algoritmo de Análisis.

El módulo de predicción de accidentes, trabaja con un algoritmo aplicable a dos casos:

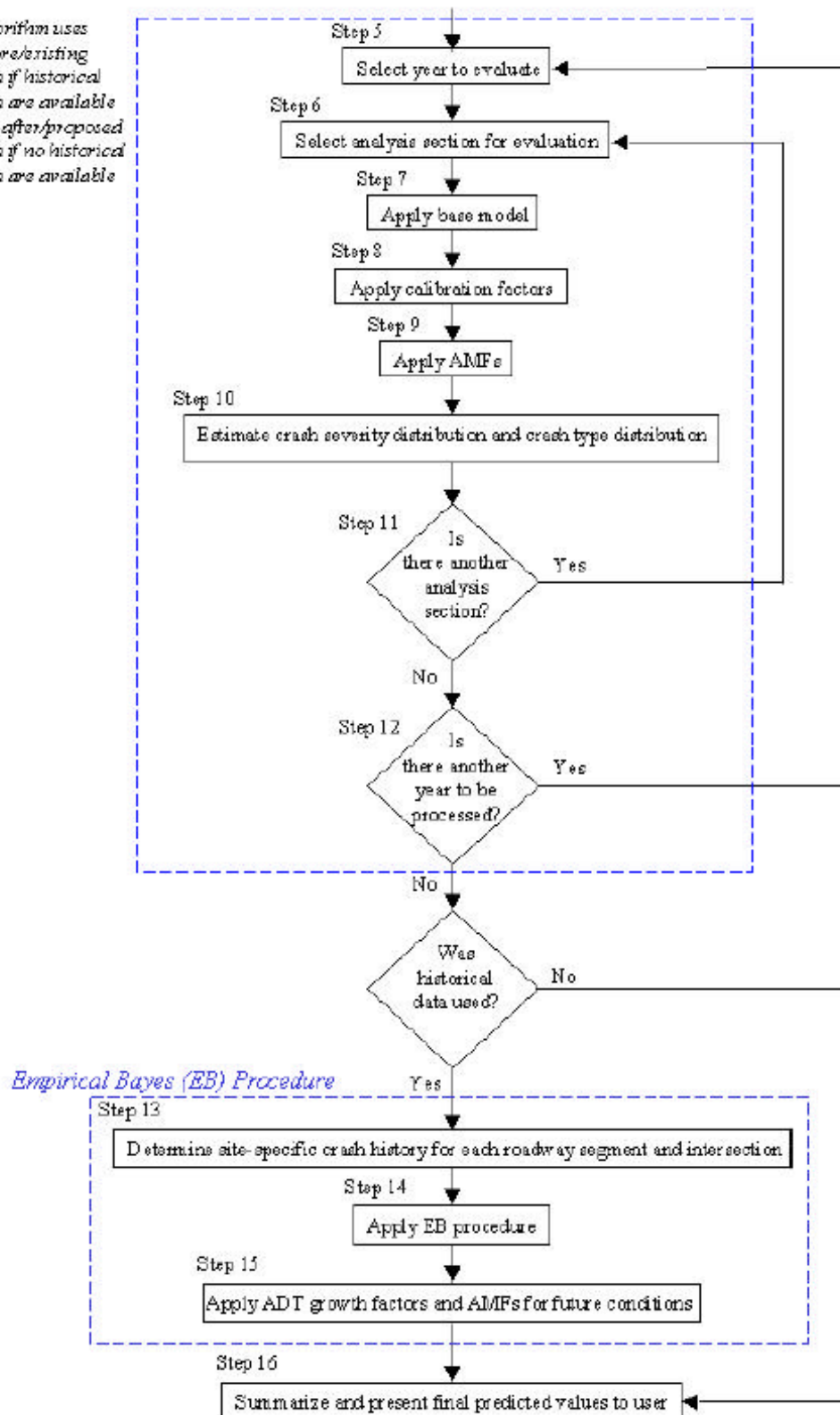
1. Análisis de predicción de accidentes sin datos históricos de accidentalidad.
2. Análisis de predicción de accidentes con datos históricos de accidentalidad.

A continuación se presenta el diagrama de flujo del análisis que desarrolla el software para el módulo de predicción.

Figura 26. Algoritmo de Predicción de Accidentes.



Algorithm uses before/existing data if historical data are available and after/proposed data if no historical data are available



Fuente: Federal Highway Administration. Crash Prediction Module Engineer's Manual. 2003.

8.3 Reporte de Resultados.

8.3.1 Tasas de Accidentalidad y frecuencias Esperadas.

La Tabla 20 resume la evaluación realizada por el software, la cual presenta tasas y frecuencias de accidentalidad para el año programado (2014).

Tabla 20. Resumen de Tasas de Accidentalidad y Frecuencias Esperadas.

Expected Crash Frequencies and Rates (Summary)	
Total Crashes	28.7
Fatal and Injury Crashes (75%)	21.5
Property-Damage-Only Crashes (25%)	7.2
Average Future Road AADT (vpd)	504
Crash Rate (crashes/km/yr)	0.9
Fatal and Injury Crash Rate (crashes/km/yr)	0.67
Property-Damage-Only Crash Rate (crashes/km/yr)	0.23
Crash Rate (crashes/million veh-km)	4.87
Fatal and Injury Crash Rate (crashes/million veh-km)	3.66
Property-Damage-Only Crash Rate (crashes/million veh-km)	1.21

Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

En esta tabla se muestran resultados del análisis de la información obtenida de la base de datos de Accidentalidad del INVIAS, los cuales son comparables con los calculados manualmente.

8.3.2 Distribución Esperada de Tipos de Accidentes.

El software permite obtener una tabla con la distribución de accidentes esperados según el tipo de accidente como se muestra a continuación en la Tabla 21.

Tabla 21. Distribución de Accidentes.

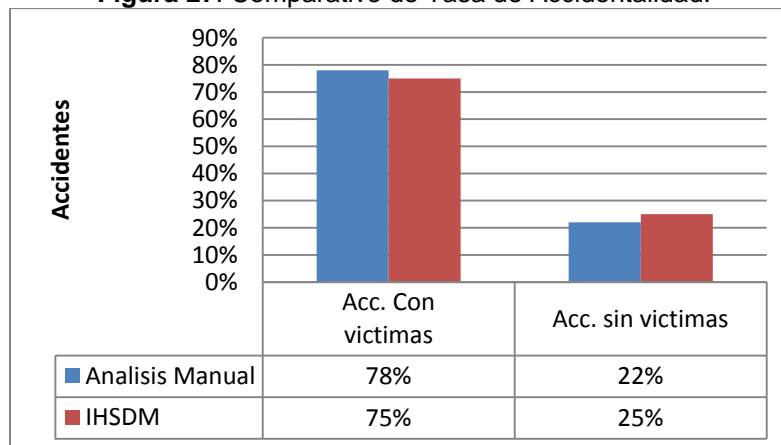
Expected Crash Type Distribution			
Crash Type	Highway Segments	Intersections	Total
Single-Vehicle Accidents			
Collision with animal	8.21 (28.6%)	0.0 (0.0%)	8.21 (28.6%)
Collision with bicycle	0.14 (0.5%)	0.0 (0.0%)	0.14 (0.5%)
Collision with parked vehicle	0.09 (0.3%)	0.0 (0.0%)	0.09 (0.3%)
Collision with pedestrian	0.17 (0.6%)	0.0 (0.0%)	0.17 (0.6%)
Overtuned	0.57 (2.0%)	0.0 (0.0%)	0.57 (2.0%)
Ran off road	7.95 (27.7%)	0.0 (0.0%)	7.95 (27.7%)
Other single-vehicle accident	0.75 (2.6%)	0.0 (0.0%)	0.75 (2.6%)
Total single-vehicle accidents	17.88 (62.3%)	0.0 (0.0%)	17.88 (62.3%)
Multiple-Vehicle Accidents			
Angle collision	2.00 (7.0%)	0.0 (0.0%)	
Head-on collision	0.80 (2.8%)	0.0 (0.0%)	
Left-turn collision	1.22 (4.2%)	0.0 (0.0%)	
Right-turn collision	0.20 (0.7%)	0.0 (0.0%)	
Rear-end collision	3.56 (12.4%)	0.0 (0.0%)	
Sideswipe opposite-direction	1.09 (3.8%)	0.0 (0.0%)	
Sideswipe same-direction	0.77 (2.7%)	0.0 (0.0%)	
Other multiple-vehicle accident	1.18 (4.1%)	0.0 (0.0%)	
Total multiple-vehicle accidents	10.82 (37.7%)	0.0 (0.0%)	
TOTAL ACCIDENTS	28.70 (100.0%)	0.0 (0.0%)	28.70 (100.0%)

Fuente: IHSDM 2012 Release, v8.1.0

9. COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS POR ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD Y IHSDM

En relación al comparativo de tasas de accidentalidad los datos obtenidos presentan valores con diferencias del 3%, las cuales son mínimas si se tiene en cuenta que se realizó la evaluación sin tener ajustado el modulo a los parámetros descritos en el Manual de Diseño Colombiano.

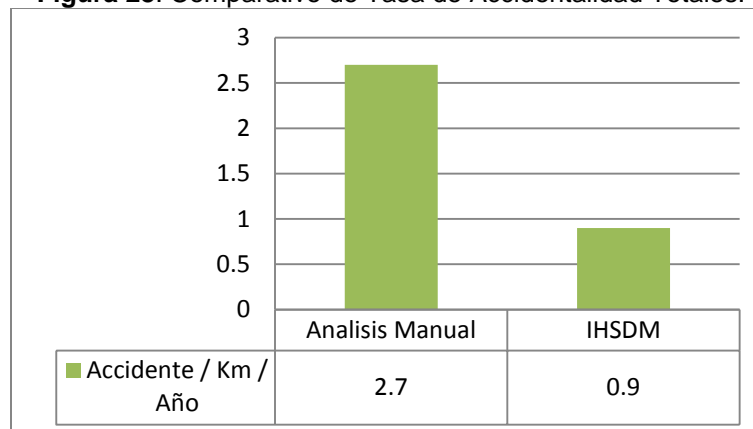
Figura 27. Comparativo de Tasa de Accidentalidad.



Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los datos obtenidos del software con el análisis de accidentalidad se evidencian desfases, asociado al uso de más variables por parte del módulo de predicción.

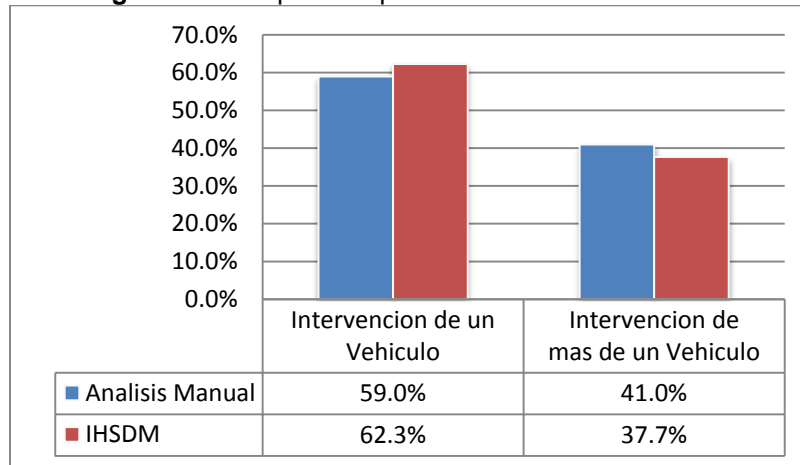
Figura 28. Comparativo de Tasa de Accidentalidad Totales.



Fuente: Elaboración Propia

Los valores de la comparación por intervención de vehículos permiten observar una buena correlación entre ambos análisis, notándose una buena aproximación.

Figura 29. Comparativo por Intervención de Vehículos.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Comparativo de Tasas.

	IHSDM	ANALISIS MANUAL
Tasa de Accidentalidad por año	0.9	2.7
Tasa de Accidentes con Herido y Muertos /Km /año	0.67	2.12
Tasa de Accidentes con solo daños /Km /año	0.23	0.58

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

Según la evaluación desarrollada por el Software, se concluye que:

- Si se cuentan con bases de datos de accidentalidad y la información Geométrica de la Vía, se pueden obtener Estudios de Seguridad de una manera rápida y sencilla.
- Para un mejor análisis es necesario realizar la calibración de los factores con que cuenta el software IHSDM, se hace necesario adaptar las políticas o normas del mismo a nuestro manual de Diseño Geométrico.
- El sector del PR29-PR30 es el más vulnerable según el análisis realizado en forma manual y a través del módulo de Predicción de accidentes de IHSDM, consecuencia que se podría argumentar por la condición de mayor concentración de curvas en este tramo de vía, comparada con el resto de segmentos, altas pendientes longitudinales y la corta visibilidad de las curvas 11, 12, 13 y 14.
- Para un estudio de seguridad con el menor grado de incertidumbre de la buena toma de la información base, es necesario un mayor compromiso por parte de las entidades encargadas de su recolección y administración.
- Reducir la accidentalidad en este sector, inicia desde el compromiso que adquieran los usuarios de la vía y a la implementación de herramientas que permitan alertar a los conductores (Señalización, Bandas Sonoras, etc.)

RECOMENDACIONES.

- Todo análisis de seguridad vial debe ir acompañado de visitas a campo con el objetivo de verificar los resultados y adaptar un criterio local para la toma de decisiones.
- En particular para el tramo analizado de la vía Puerto Araujo – Landazuri es recomendable instalar Bandas Sonoras al ingresos del municipio de Cimitarra (PR29-PR30), con lo cual se busca hacer que el conductor reduzca su velocidad en los sectores de concentración poblacional.
- De igual forma es función de los entes de control velar por que se respete por parte de la comunidad el derecho de vía, con la finalidad de garantizarla para realizar futuros mejoramientos al corredor.

BIBLIOGRAFÍA

- Software Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM). U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Safety Research and Development Program.
- *Federal Highway Administration*. Crash Prediction Module Engineer's Manual. 2003.
- PABÓN CACHOPE. William Orlando, TORRES SEGURA. Edinson Antonio. Adaptación e implementación de los módulos PRM y DCM del Software IHSDM a la Normativa Colombiana. Tunja, 2012. Trabajo de grado (ingeniería en transporte y vías). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- LEYVA VARGAS, Ivan Orlando. Evaluación de seguridad vial y aplicación del IHSDM en la variante de Ibagué entre el K0+000 al K4+000. Bogotá, 2009. Trabajo de grado (especialización en diseño, construcción y conservación de vías). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- CASTELLANOS BARRERO, Carlos Geovanny. Análisis de accidentalidad en la vía Armenia – Ibagué Ruta 4003 del corredor vial del pacifico sector: Calarcá – Cajamarca PR 3+0900 al PR50+0000. Años 2005 – 2007. Manizales, 2008. Trabajo de grado (especialización en vías y transporte). Universidad Nacional de Colombia.
- SÁNCHEZ ORDÓNEZ, José Fernando. Metodología para la evaluación de la consistencia del trazado de carreteras interurbanas de dos carriles. Madrid, 2011. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

- Estudios y Diseños para la Rehabilitación de la Carretera Puerto Araujo - Landázuri (6607) Modulo 5, Sector Puerto Araujo – Cimitarra. Contrato Invias No 2095/2011.
- PROJEKTA LTDA. Ingenieros Consultores. Manual de Identificación de Puntos Críticos por Accidentalidad en Carreteras. Bogota – Colombia Julio de 2001.
- <http://www.ihsdm.org>
- <http://www.invias.gov.co/>