UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

EN LA RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES

Tesis:

"PROCEDIMIENTO AUTOMATIZADO DE AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS"

Presentada por:

Ing. David Enrique Mundo Balanzar

Para optar por el grado de:

Maestro en Infraestructura del Transporte en la rama de las Vías Terrestres

Asesor:

M. en I. Julio Alejandro Chávez Cárdenas

Co-Asesor:

Dr. Elia Mercedes Alonso Guzmán

Dr. Alberto Mendoza Díaz

Febrero de 2011

ÍNDICE

I.INTRODUCCIÓN 1

I.1.GENERALIDADES…….…… 1

I.2. DEFINICIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2

I.3. INFORMACIÓN PRELIMINAR…….. 4

I.4. JUSTIFICACIÓN 10

I.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 11

I.6. OBJETIVOS 12

I.7. HIPÓTESIS 12

I.8. METODOLOGÍA Y ALCANCES 13

I.9. UTILIDAD DEL PROYECTO 14

1 ANTECEDENTES. 15

1.1 ORIGENES DE LAS AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL. 15

1.2 PRINCIPALES ANTECEDENTES INTERNACIONALES DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL. 16

1.2.1 AUSTRALIA Y NUEVA ZELANDIA. 16

1.2.2 CANADA. 17

1.2.3 ESTADOS UNIDOS. 17

1.2.4 EUROPA. 18

1.2.5 MEXICO. 19

1.3 PAISES INTEGRANTES DE IRAP. 19

1.3.1 PROGRAMAS REGIONALES RAP. 21

1.3.2 PAISES ASOCIADOS DE IRAP. 27

1.3.3 PAISES PILOTO DE IRAP. 29

2 OBTENCION DE DATOS ESTADISTICOS. 36

2.1 GENERACIÓN E INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. 37

2.1.1 CARTOGRAFÍA BÁSICA. 39

2.1.2 SEGMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DEL CORREDOR MESOAMERICANO DEL PACÍFICO. 40

2.1.3 GENERACIÓN DE ARCHIVOS ELECTRÓNICOS TABULARES. 46

2.2 OBTENCIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS. 52

2.2.1 ALGUNAS ALTERNATIVAS DE REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE AFOROS Y COMPOSICIÓN VEHICULAR. 52

2.2.2 VEHÍCULOS – KILÓMETRO RECORRIDOS. 56

2.2.3 SITIOS DE MAYOR OCURRENCIA DE ACCIDENTES. 57

3 INSPECCIÓN DE CAMPO Y REDUCCIÓN DE DATOS. 61

3.1 INSPECCIÓN VIAL. 62

3.1.1 INSPECCIONES VISUALES DESDE EL VEHÍCULO. 63

3.1.2 INSPECCIONES BASADAS EN VIDEO. 64

3.2 REDUCCIÓN DE DATOS 68

3.2.1 ATRIBUTOS PARA LA REDUCCIÓN DE DATOS. 70

4 VALORACIÓN CON ESTRELLAS. 99

4.1 PUNTAJE DE PROTECCIÓN BRINDADA POR LA VÍA. 99

4.2 USUARIOS DE LAS VÍAS. 101

4.2.1 TIPOS DE COLISIONES. 102

4.3 FACTORES DE RIESGO. 103

4.3.1 FACTORES DE PROBABILIDAD DE LAS COLISIONES. 104

4.3.2 FACTORES DE GRAVEDAD DE LAS COLISIONES. 104

4.3.3 FACTORES DE CALIBRACIÓN POR TIPO DE COLISIÓN. 105

4.3.4 FACTORES DE VELOCIDAD. 105

4.4 ECUACIONES DE PUNTAJE DE PROTECCIÓN BRINDADA POR LA VÍA. 106

4.5 CALIFICACIÓN POR ESTRELLAS. 112

4.6 GENERACIÓN DE CONTRAMEDIDAS. 115

4.6.1 TRAMO DEL 30+000 AL 60+000 (CUERPO A Y B). 115

4.6.2 TRAMO DEL 80+000 AL 93+000 (CUERPO A Y B). 125

CONCLUSIONES 129

I. INTRODUCCIÓN.

I.1. GENERALIDADES.

Por lo general, antes del año 1960 se diseñaban y construían vías que no consideraban la debida protección del usuario, ni sus limitaciones físicas y psicológicas. Entre los años 1960 y 1970, se comenzó a construir y operar vías con una infraestructura y dispositivos viales capaces de mitigar la severidad y consecuencias de un accidente. [Ref. I.1].

Posteriormente, se comenzaron a construir y operar vías con mayores estándares de seguridad resaltando la necesidad de impedir, en lugar de mitigar, accidentes. A pesar de este avance, más acentuado en países desarrollados, todavía se diseñan proyectos viales con normas mínimas de seguridad, motivados por la necesidad de mantener los costos de construcción en el mínimo valor posible.

"Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un examen formal de un proyecto vial, o de tránsito, existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre una vía, en donde un equipo de profesionales calificado e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de la seguridad vial". [Ref. I.1].

El proceso de la ASV se caracteriza por identificar los potenciales focos de accidentes viales antes de que estos ocurran. Esto es un procedimiento mucho más amplio que los tratamientos de puntos negros o áreas problemáticas donde se concentra la ocurrencia de accidentes. Una característica fundamental de las ASV es que su aplicación es, por lo general, rentable en cualquiera de las etapas de un proyecto (desde la factibilidad hasta la explotación). Su mayor eficacia se logra al comienzo, cuando el proyecto aún está en el papel, es decir, entre la factibilidad y el diseño. No obstante, la promoción de las ASV en algunos países se ha centrado en vías existentes, donde hay mayores posibilidades de demostrar su efectividad por contar con estadísticas de accidentes que lo avalan.

I.2. DEFINICIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El presente trabajo de tesis buscará aplicar la metodología IRAP para explorar la potencial utilización para el mejoramiento de la seguridad en las carreteras de México, debido a que factores como: el crecimiento de la red vial, el aumento del parque vehicular y la diversidad del mismo (vehículos más pequeños comparten la vía con vehículos más grandes), el aumento y la diversidad de edad de conductores, las imposiciones económicas en la construcción de las vías, el desarrollo económico y el avance tecnológico, han contribuido a un potencial aumento de accidentes de viales en nuestro país. Desde el punto de vista accidentológico, existen tres elementos principales que contribuyen, individual o conjuntamente, a la ocurrencia de cada accidente vial: el factor humano, el vehículo, y la vía junto con el entorno, como se ilustra en la figura I.1. [Ref. I.2].

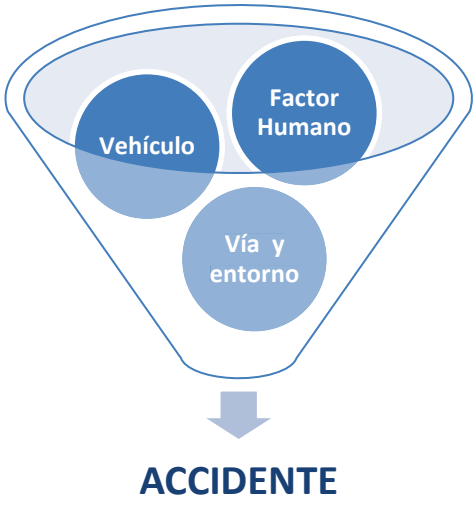


Figura I.1. Elementos principales que contribuyen a la ocurrencia de accidentes viales.

Estos factores, a menudo, se combinan en una cadena de acontecimientos que resultan en un accidente. El mal comportamiento de un conductor puede combinarse con condiciones climáticas adversas, actitudes de otros usuarios de la vía, elementos peligrosos al borde de la vía o un tramo de la vía defectuosa, todo lo cual puede resultar en un accidente con consecuencias fatales.

I.3. INFORMACIÓN PRELIMINAR.

Situación Internacional.

Según datos de nivel internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), actualmente se tiene arriba de un millón de muertes por año en el mundo por accidentes viales y más de 20 millones de lesionados, en una población del orden de 6 mil millones de habitantes [Ref. I.3]. La mayoría de esas víctimas ocurren en los países en desarrollo, y las cifras aumentan en la medida en que su parque automotor crece. De todas las personas que fallecen en accidentes viales, alrededor de 60% son por accidentes carreteros [Ref. I.4].

En el año 2004, los accidentes viales ocuparon el noveno lugar dentro de las pandemias que más muertes generaron en el mundo como se observa en la tabla I.1. [Ref. I.5]. Algunos estudios han estimado que ascenderán a la tercera posición en 2020, sólo superados por las enfermedades del corazón y la depresión. Comparativamente, el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) ocupará el décimo lugar y las guerras el octavo. De manera que esta problemática cada vez irá ganando prioridad en relación con las otras causas, por lo que resulta un problema de la mayor importancia.

Tabla I.1. Diez principales causas de defunción al 2004, OMS.

CAUSA DE MUERTE	NÚMERO DE MUERTES (MILLONES)	PORCENTAJE DE DEFUNCIONES
Enfermedad coronaria	7.20	12.20
Ataque apoplético y otras enfermedades cerebro vasculares	5.71	9.70
Infecciones de las vías respiratorias inferiores	4.18	7.10
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	3.02	5.10
Enfermedades diarreicas	2.16	3.70
VIH / SIDA	2.04	3.50
Tuberculosis	1.46	2.50
Cánceres de tráquea, bronquios y pulmón	1.32	2.30
Accidentes viales	**1.27**	**2.20**
Prematuridad y de bajo peso al nacer	1.18	2.00

Situación Nacional.

La Red Carretera Nacional de México consta de 358,741 km.; y se divide como se ilustra en la figura I.2.

Figura I.2. Composición de la Red Carretera Nacional [Ref. I.6].

En el 70.2% de los accidentes, la causa principal es atribuible al conductor, 18.1% a la infraestructura, 8.0% a agentes naturales y 3.7% al vehículo [Ref. I.7].

La velocidad excesiva, invasión de carril, imprudencia o intención son las principales causas atribuibles al conductor. La figura I.3 ilustra una serie de accidentes de alta severidad.

Figura I.3. Serie de Accidentes de Alta Severidad.

La Tabla I.2 [Ref. I.8], contiene la evolución de la accidentalidad en la RCF, de 1994 a 2008.

Tabla I.2. Evolución de la Accidentalidad en la Red Carretera Federal entre 1994 y 2008.

Año	Accidentes	Lesionados	Muertos	Daños materiales (1)
1994	65,155.00	36,487.00	5,212.40	669.80
1996	58,158.00	33,325.00	4,810.00	1,117.78
1997	61,147.00	34,952.00	4,975.00	1,373.56
1998	60,951.00	35,086.00	5,064.00	1,359.71
1999	60,507.00	36,528.00	5,106.00	1,790.55
2000	61,115.00	38,434.00	5,224.00	2,171.10
2001	57,426.00	38,676.00	5,147.00	2,247.37
2002	42,614.00	35,480.00	4,960.00	1,565.14
2003	33,041.00	31,447.00	4,652.00	1,309.43
2004	30,668.00	31,274.00	4,603.00	1,248.40
2005	29,468.00	31,172.00	4,581.00	1,365.62
2006	29,050.00	33,130.00	5,014.00	1,513.26
2007	30,551.00	33,580.00	5,398.00	1,515.20
2008	30,379.00	32,779.00	5,377.00	1,581.60
(1) Montos en millones de pesos				

En la figura I.4 se muestra una tendencia a la disminución en el número de accidentes a partir del 2000 y hasta el 2006, con una importante reducción del 52% aproximadamente. Esta reducción es aparente dado que fundamentalmente se debe a que, a partir de 2000 la Policía Federal Preventiva (PFP) ya no ha venido registrando accidentes con muertos o heridos o daños materiales, como lo hacía antes, sino que sólo ha venido registrando accidentes con muertos o heridos (es decir prácticamente ya no registra accidentes en los que sólo hay daños materiales).

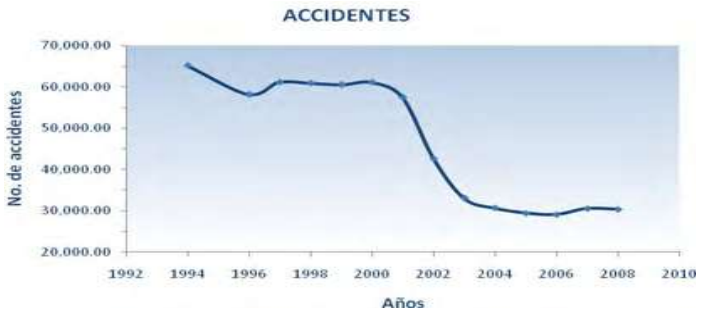


Figura I.4. Accidentes ocurridos desde el año 1992 hasta el año 2008.

En cuanto a las cifras de lesionados y de fallecidos no se ha mostrado un cambio significativo con el transcurso de los años, como lo ilustra la figura I.5. Lo anterior indica que la reducción en más del 50% de la accidentalidad, es sólo en accidentes sin víctimas. [Ref. I.8].

Figura I.5. Evolución de los lesionados desde el año 1992 hasta el año 2008.

En 2007, los accidentes fueron la sexta causa de muerte en hombres entre 15 y 64 años y la octava causa de muerte en mujeres entre 15 y 64 años, como se muestra en la tabla I.3 y I.4 [Ref. I.9].

Tabla I.3. Diez principales causas de mortalidad en hombres (15 a 64 años) al 2007.

CAUSA DE MUERTE	HOMBRES
Descripción	**Defunciones**
TOTAL	**284,910**
Diabetes mellitus	33,310
Enfermedades isquémicas del corazón	31,478
Cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado	20,941
Enfermedad cerebrovascular	13,912
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	11,132
Accidentes de vehículo de motor (tránsito)	**8,190**
Infecciones respiratorias agudas bajas	7,815
Agresiones (homicidios)	7,777
Nefritis y nefrosis	6,362
Enfermedades hipertensivas	6,226
Causas mal definidas	5,430
Las demás causas	132,337

Tabla I.4. Diez principales causas de mortalidad en mujeres (15 a 64 años) al 2007.

CAUSA DE MUERTE	MUJERES
Descripción	**Defunciones**
TOTAL	**69,957**
Diabetes mellitus	13,119
Enfermedades isquémicas del corazón	4,217
Cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado	3,355
Tumor maligno de la mama	3,120
Enfermedad cerebrovascular	3,106
Tumor maligno del cuello del útero	2,463
Nefritis y nefrosis	2,025
Accidentes de vehículo de motor (tránsito)	**1,763**
Enfermedades hipertensivas	1,494
Tumor maligno del estómago	1,077
Causas mal definidas	617
Las demás causas	33,601

La figura I.6 ilustra la evolución del número anual de muertos en el lugar del accidente, en la RCF [Ref. I.8].

.

Figura I.6. Evolución del número anual de muertos en el sitio del accidente, en la RCF.

Para los accidentes en la RCF, la figura I.7 ilustra la evolución de los daños materiales entre 1992y 2008. [Ref. I.8].

Figura I.7. Evolución de los daños materiales anuales en los accidentes en la RCF.

I.4. JUSTIFICACIÓN.

Las muertes y lesiones por accidentes viales constituyen una importante y creciente epidemia de salud pública. Cada año 1,2 millones de personas mueren y otros 50 millones resultan heridos o permanentemente discapacitados producto de accidentes de viales. Los accidentes automovilísticos son la principal causa de muerte de niños y jóvenes en edades comprendidas entre los 10 y 24 años. La carga de los accidentes viales es comparable con la malaria y la tuberculosis, y los costos ascienden a entre 1-3% del PIB del mundo.

En los países de ingresos bajos y medios, los accidentes viales representan un grave problema de salud. Más del 85 por ciento de la cifra total de fallecidos y heridos graves ocurre en los países en desarrollo. Mientras se espera una disminución en los países de altos ingresos de las muertes en carretera, es probable que aumenten en más de un 80 por ciento en el resto del mundo.

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (IRAP) ha aprovechado la amplia base de conocimientos de los de programas mundiales de evaluación de carreteras (EURORAP, AUSRAP y USRAP), con el apoyo de la Fundación FIA, para desarrollar una metodología de inspección de carreteras para los países de ingresos bajos y medios.

La metodología IRAP ofrece como principales resultados los siguientes:

-Tablas de “Valoración con estrellas” y mapas que muestran la seguridad de las carreteras para los ocupantes de automóviles, motociclistas, ciclistas y peatones.

-Un inventario detallado de más de 30 atributos que afectan los resultados de la seguridad vial.

-Una estimación del número de muertes y de heridos graves en cada carretera inspeccionada.

-Un programa recomendado de contramedidas a lo largo de la red de carreteras para ser puesto a disposición y consideración de los interesados locales y los organismos de financiación.

I.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

Los accidentes en la Red Carretera Federal generan alrededor de 30% (5,014) de la mortandad en los accidentes viales totales; es decir, el 70% (16,767) se genera en otras redes, tales como las estatales, las urbanas y las nacionales de menor importancia (p. ej., caminos rurales, etc.). Asimismo, los ocurridos en la RCF representan el 14% del total de muertos en accidentes de todo tipo, incluyendo los generados en el hogar, en el trabajo, por desastres naturales, etc. [Ref. I.10].

Dentro del contexto de mortalidad general en México los accidentes viales constituyen un creciente problema de salud pública.

En conjunto, los accidentes viales fueron responsables del 3.3% de la mortalidad anual, aunque en grupos como el de 15 a 29 años de edad, se ubicaron como la primera causa de muerte y fueron responsables del 15% de las defunciones entre la población joven.

Los accidentes viales a menudo son el principal responsable de sumergir a una familia en dificultades financieras. La pérdida del asalariado debido a muerte o discapacidad puede ser desastrosa, llevando a la familia a niveles de vida más bajos y sumiéndolos en la pobreza.

Como parte del enfoque sistemático a la seguridad vial, que incluye el uso más seguro de las vías, vehículos más seguros y vías más seguras, IRAP puede ayudar a enfrentar esta crisis y salvar miles de vidas.

El proyecto IRAP México ha sido autorizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la cual ha establecido un compromiso para su ejecución, tanto en la planeación, levantamiento, evaluación y procesamiento de la información y el diseño e inversión de mejoras en la infraestructura del país.

En una primera etapa, se ha establecido como proyecto piloto la aplicación del programa en el **Corredor del Pacífico de la Región Mesoamericana** como parte del Proyecto Mesoamérica que se está llevando a cabo con el apoyo y el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y los gobiernos de los distintos países de la región, que posteriormente pueda extenderse a escala nacional.

I.6. OBJETIVOS.

Objetivo General.

Realizar un procedimiento automatizado de auditoría de seguridad vial, en el Corredor del Pacífico de la Región Mesoamericana (parte de la ruta correspondiente a la República Mexicana), que permita generar y priorizar diversas medidas viables, eficientes y eficaces para mejorar la seguridad vial.

Objetivos Específicos.

-Obtener mapas de valoración con estrellas de la red de carreteras estudiadas, los cuales mostrarán la calidad de la infraestructura de carreteras relevante para las necesidades de seguridad vial de los motociclistas, peatones, ciclistas y ocupantes de vehículos.

-Estimaciones del número de muertos y heridos graves (accidentes por kilómetro).

-Plan de inversión para carreteras más seguras (es decir, el programa de contramedidas) que muestra los programas de mejoramiento de infraestructura económicamente más viables de llevar a cabo.

-Estimación potencial del número de vidas salvadas, basado en el programa de contramedidas recomendado.

I.7. HIPOTESIS.

Con la aplicación del programa IRAP en el proyecto piloto será posible, mediante un procedimiento automatizado de auditoría de seguridad vial, desarrollar una escala de medición y un sistema de evaluación que facilitará dar seguimiento a la seguridad en las carreteras del país; para que las administraciones carreteras y los organismos de financiamiento generen y prioricen programas de contramedidas económicamente asequibles.

I.8. METODOLOGÍA Y ALCANCES.

La metodología y los alcances están contenidos en la siguiente descripción de las partes que constituirán este trabajo:

-Se desarrollará una introducción que describa algunas generalidades, objetivos y alcances del trabajo.

-En el Capitulo 1 se describirán algunos antecedentes relevantes, sobre la experiencia del establecimiento del programa IRAP en otros países y los resultados obtenidos.

-En el Capítulo 2 se describirá la elaboración de un Sistema Geográfico de Información (SIG) para la identificación y obtención de datos estadísticos en el cual se detallará la integración del Corredor del Pacífico de la Región Mesoamericana (parte mexicana).

-En el Capítulo 3 se explicará la metodología IRAP, describiendo el proceso de recolección de datos de la inspección y los atributos del diseño de las vías que se calificarán.

-En el Capítulo 4 se ejemplificarán los resultados que pueden obtenerse mediante la aplicación de la metodología IRAP.

-Finalmente se presentarán una serie de conclusiones y recomendaciones.

I.9. UTILIDAD DEL PROYECTO.

Se contará con información confiable y detallada sobre las condiciones de las vías comprendidas dentro del estudio y con el programa de propuestas de contramedidas que constituirá el Plan de Inversión de Carreteras más Seguras, mostrando los programas de mejoramiento de infraestructura económicamente más viables de llevar a cabo.En consecuencia se contará con un informe técnico que contenga las directrices de un Plan de Seguridad Vial que contribuya a reducir los accidentes a través de carreteras más seguras y que mostrará la calidad de la infraestructura de las carreteras analizadas.

1 ANTECEDENTES.

1.1 ORIGENES DE LAS AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL.

El desarrollo de las ASV (Auditoria de Seguridad Vial) se atribuye a Malcolm Bulpitt del Reino Unido. Él aplicó, a principios de los años 80's, el concepto de la ASV independiente para mejorar el nivel de seguridad en los proyectos viales realizados por el Departamento de Carreteras y del Transporte del Consejo del Condado de Kent. [Ref. 1.1].

Para ello, Bulpitt utilizó conceptos introducidos originalmente en redes del ferrocarril durante el periodo Victoriano, época en la cual el Gobierno Británico designó a oficiales para que examinaran todos los aspectos de seguridad de una nueva línea ferroviaria antes de que fuera puesta en servicio.

A mediados de los años 80 en el Condado de Kent, un equipo experto en investigación de accidentes, responsable de investigar lugares en donde existía una alta concentración de accidentes viales (puntos negros), tuvo la idea de consultar sobre nuevos proyectos viales o de rediseños viales, que se localizarían en zonas donde se producían una alta frecuencia de accidentes. El equipo estimó que la seguridad vial podría ser mejorada si se inspeccionaran los diseños de los nuevos proyectos viales de modo que cualquier medida de seguridad faltante se pudiera incorporar antes de construirlos.

De este modo, el Condado de Kent desarrolló una política que requería que todos los nuevos diseños viales fueran inspeccionados y aprobados desde la perspectiva de la seguridad vial, antes de la construcción. Si el proyecto no era aprobado no podía pasar a la siguiente etapa.

Con el tiempo, este proceso se formalizó con el nombre de Auditoría de Seguridad Vial, y continúa utilizándose.

Procedimientos y políticas similares pronto emergieron en otros lugares. En Australia, por ejemplo, se empezó a aplicar regularmente la ASV a proyectos en su etapa de pre-apertura, de modo de evaluar la seguridad de la nueva vía, antes de su apertura al tránsito.

Rápidamente, los ingenieros responsables de esta tarea también reconocieron las ventajas de realizar estas ASV en las etapas previas, principalmente durante el diseño del proyecto vial.

En los años 90's se produjo un interés generalizado en la adopción del proceso de la ASV. Es así como las autoridades viales de Australia y Nueva Zelandia han sistematizado el uso de estos procedimientos, adoptándose y utilizándose desde entonces por ingenieros, asociaciones profesionales y autoridades viales de otras partes del mundo.

1.2 PRINCIPALES ANTECEDENTES INTERNACIONALES DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL.

A continuación se presenta una breve reseña de la experiencia internacional sobre la aplicación de las ASV en Australia, Canadá, Estados Unidos, Nueva Zelandia, el Reino Unido y otros países europeos, que son los que más tempranamente han verificado los beneficios, viéndola como una herramienta indispensable para mejorar la seguridad en proyectos viales, y que han continuado trabajando en el perfeccionamiento de esta técnica. [Ref. 1.1].

1.2.1 AUSTRALIA Y NUEVA ZELANDIA.

La Asociación de Transporte Vial y Autoridades de Tránsito de Australia y Nueva Zelandia, conocida como AUSTROADS, realizó en el año 1994 una publicación titulada "Auditoría de Seguridad Vial". Esta publicación comprendió una serie de guías de consulta para un programa nacional de ASV que incluyó listas de chequeo extensamente adoptadas y desarrolladas en conjunto con Nueva Zelandia. Se publicó una segunda versión en el año 2002. Los Estados de Australia, en forma independiente, han aplicado las ASV a diversas vías.

Por otra parte, las autoridades de tránsito y vías responsables de seguridad vial en Nueva Gales del Sur, publicaron un manual de ASV en 1991, según ellos, el 20 por ciento de los caminos existentes en todas las regiones deben ser auditados con la identificación de prioridades para luego tomar medidas, además, veinte proyectos de construcción variando de tamaño del proyecto y etapas, deben ser revisada cada año dentro de cada región.

La Agencia Nacional Vial responsable del mantenimiento y de las mejoras a la red de carreteras de Nueva Zelandia, Transit New Zealand (TNZ), revisó las aplicaciones y procedimientos de las ASV desarrolladas por el Reino Unido y Australia, publicando un documento titulado "Auditoría de Seguridad Vial y sus procedimientos" (TNZ, 1993). Esta publicación indica que todos los proyectos con un costo superior a los 2 millones de dólares serían revisados desde la etapa conceptual del proyecto hasta la finalización de la etapa de construcción.

1.2.2 CANADA.

La Corporación de desarrollo Marítimo de Carreteras, Maritime Road Development Corporation de New Brunswick, en el año 1998, fue la primera organización en Norteamérica que incorporó un procedimiento de ASV en el desarrollo de una carretera desde la etapa preliminar del diseño hasta la post-apertura, conservando un equipo para conducir el proceso de la ASV para el futuro.

En la provincia de Ontario se estableció un plan para mejorar la seguridad vial aplicando ASV, simultáneamente se desarrollaron otros esfuerzos centrados en la revisión aislada de distintos proyectos.

En British Columbia se ha trabajado en la promoción de estrategias pro-activas, incluyendo la puesta en práctica de las ASV, los esfuerzos continúan hacia el desarrollo de un plan más formal para implementar las ASV. La ciudad de Calgary incluyó las ASV como parte de la revisión de necesidades de seguridad para carreteras.

1.2.3 ESTADOS UNIDOS.

En 1996, la Administración Federal de Carreteras, Federal Highway Administration (FHWA), envió a Australia y Nueva Zelandia un equipo de profesionales para conocer y evaluar el proceso de la ASV en esos países. La delegación multidisciplinaria la conformaron ingenieros en vialidad, especialistas de seguridad, y educadores.

En 1997 se entregó el informe de FHWA del Viaje de Estudio Auditorías de Seguridad Vial - partes 1 y 2 (Trentacoste, 1997), y en él, el equipo concluyó que las ASV podrían contribuir a maximizar la seguridad de las vías, aplicadas en etapas de diseño u operación. Los participantes del programa recomendaron desarrollar un

programa experimental en Estados Unidos sobre esta experiencia, basado en una estrategia preparada por dicho equipo. Posteriormente, en 1998, la FHWA comenzó un proyecto piloto de ASV para determinar la viabilidad de la puesta en práctica nacional en las etapas de desarrollo, construcción y operación de proyectos viales.

1.2.4 EUROPA.

Tal como se señaló, el concepto de las ASV se originó en el Reino Unido durante la década de los 80. En 1987, el Ministerio de Transportes del Reino Unido formuló estrategias orientadas a reducir para el año 2000 en un 33% el número de víctimas anuales en accidentes de viales, en 1988 se legisló para que todas las autoridades viales del Reino Unido tomaran medidas para reducir accidentes.

Este requisito generó el desarrollo de dos publicaciones: “Código de la Buena Práctica de la Seguridad Vial” (Asociación de Autoridades Locales, 1989) y de las “Guías de Consulta para Auditorías de Seguridad en Carreteras” (Instituto de Transportes y Carreteras 1990, revisado 1996).

En 1991, el Ministerio de Transporte Británico realizó ASV obligatorias para todas las vías troncales y autopistas nacionales sin peaje.

En el resto de Europa, la internalización del proceso de las ASV ha sido lenta, con la excepción de Dinamarca. En este país, la Dirección General de Carreteras del Gobierno ha desarrollado e implementado un proceso de ASV que se encuentra operativo desde 1994, el cual está basado en gran medida en lo desarrollado en el Reino Unido. En Irlanda se publicó en 1996 un Manual de Ingeniería de Seguridad Vial para el Gobierno, que puso en marcha la idea de auditar la seguridad en tramos de carreteras.

Otros países europeos se han interesado en las ASV; sin embargo sólo Francia ha producido especialmente una guía al respecto, este documento denominado Vade Macun, fue desarrollado en 1994, este trabajo fue complementado con una visita de estudios de un grupo de ingenieros franceses a la Junta del Condado de Kent en 1994, [Ref. 1.1].

1.2.5 MEXICO.

En 2008, Impulsora del Desarrollo y el Empleo en América Latina, S.A. de C.V. (IDEAL) requirió realizar auditorías de seguridad vial a las carreteras que opera y para ello solicitó al Instituto Mexicano del Transporte (IMT) la elaboración de una propuesta técnico-económica con los objetivos de cumplir con las características de seguridad, mejorar los activos carreteros y ofrecer vías de comunicación de mejor calidad a los usuarios. Dicha propuesta se sometió a la consideración de IDEAL, quedando oficializada la realización del trabajo y ejecutándose a finales del mismo año.

El reporte de la auditoría contiene una serie de recomendaciones que pueden utilizarse de las siguientes dos formas:

1. Ir corrigiendo una por una las deficiencias identificadas en cada sitio ("tratamiento de sitios específicos").
2. Identificar sitios con problemas comunes y lanzar programas por tipo de problema a lo largo de la carretera o de la red de carreteras de interés ("acciones masivas"). Este enfoque permite incidir en deficiencias pasadas por alto puntualmente durante la auditoría, por diferentes razones.

1.3 PAISES INTEGRANTES DE IRAP.

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (IRAP, International Road Assessment Programme) es una organización sin fines de lucro dedicada a salvar vidas mediante vías más seguras. [Ref. 1.2]. IRAP forma alianzas con los gobiernos y organismos no gubernamentales para:

• Inspeccionar vías de alto riesgo y desarrollar la Calificación por Estrellas y los Planes de Inversión para Vías Más Seguras.

• Proveer capacitación, tecnología y apoyo a fin de sostener el desarrollo de la capacidad en los ámbitos nacional, regional y local.

• Rastrear el desempeño de la seguridad de las vías de tal manera que los organismos donantes puedan evaluar los beneficios de sus inversiones.

Actualmente, hay Programas de Evaluación de Carreteras (RAP) en más de 50 países de Europa, Asia Pacífico, América del Norte, América Central y América del Sur, y África. La figura 1.1 ilustra los países que integran IRAP.

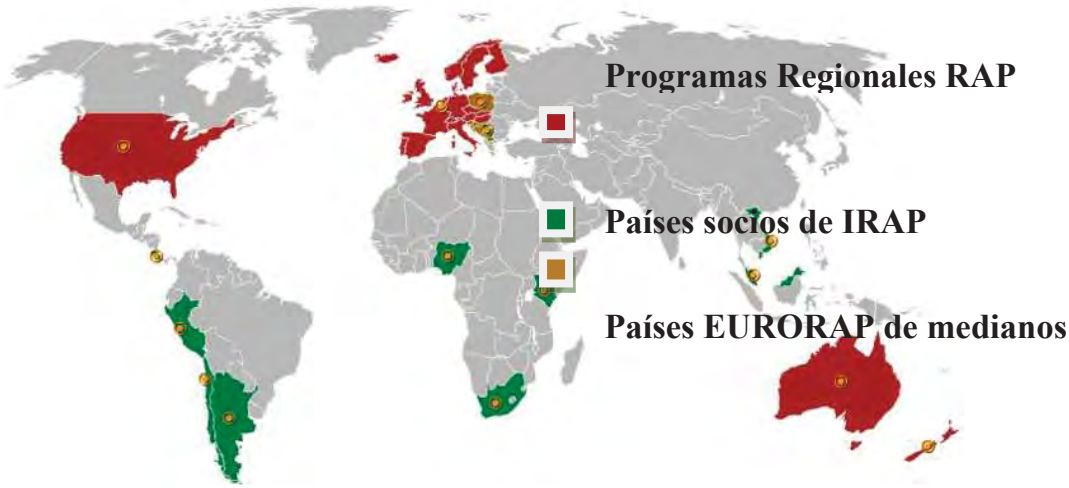


Figura 1.1. Países integrantes de IRAP.

IRAP se estableció con el objetivo de ayudar a reducir los devastadores costos sociales y económicos de los accidentes viales.

Se proyecta que si no hubiera una intervención preventiva en todo el mundo, el número anual de muertes por accidentes viales se incrementaría a 2.4 millones para el año 2030. La mayoría correspondería a los países de bajos y medianos ingresos, que ya sufren nueve de cada diez muertes que ocurren en las vías y carreteras a nivel mundial. Casi la mitad de esas muertes serían los usuarios más vulnerables de las vías: motociclistas, ciclistas y peatones.

1.3.1 PROGRAMAS REGIONALES RAP.

IRAP ha desarrollado cuatro protocolos que se usan de manera consistente en todo el mundo para evaluar y mejorar la seguridad de las vías. Para ello, ha tomado como base el trabajo de los Programas de Evaluación de Carreteras (RAP, por su sigla en inglés) en los países desarrollados (EURORAP, AUSRAP y USRAP) y la experiencia de organizaciones líderes en seguridad vial a nivel mundial, incluidos el ARRB Group (Australia), TRL (Reino Unido), el Midwest Research Institute (Estados Unidos) y MIROS (Malasia).

Los Protocolos del IRAP son:

1. Mapas de Riesgo: Elaborados con datos detallados de accidentes para precisar el número real de muertes y lesiones en una red vial.

2. Calificación por Estrellas: Brinda una medición simple y objetiva del nivel de seguridad que provee el diseño de una vía.

3. Rastreo del Desempeño: Posibilita el uso de la Calificación por Estrellas y los Mapas de Riesgo para rastrear el desempeño de la seguridad vial y establecer posiciones de políticas.

4. Planes de Inversión para Vías Más Seguras: Basados en aproximadamente 70 opciones probadas para mejorar vías que produzcan infraestructuras asequibles y económicas que salven vidas.

1.3.1.1 EURORAP.

El Programa de Evaluación de Vehículos Nuevos (EuroNCAP) nació a mediados de 1990, este programa hizo que los compradores de automóviles pensaran seriamente en la seguridad de los vehículos por primera vez, “si se puede hacer coincidir la seguridad de las carreteras y de los coches, la muerte y lesiones graves en los accidentes viales dejara de ser considerado como algo normal”, este pensamiento hace posible que en el año 2002 se implemente el Programa de Valoración de Carreteras Europeo, European Road Assessment Programme (EURORAP), tras una iniciativa pionera de seguridad. [Ref. 1.3].

La planificación conceptual de EURORAP se inició en el 2000. Un programa piloto se llevó a cabo en el 2002 y dio lugar a la publicación de la Fase Piloto EURORAP del cual se publicó un informe técnico en el 2003. El primer año en el cual se completo la ejecución del programa fue en el 2003 del cual se publicó un informe técnico en mayo del 2004 EURORAP I, en este año se ejecuto el segundo año de aplicación, planificando actividades para el 2005 y 2006 al cual se denomina EURORAP II. En el programa piloto del 2002 fueron desarrollados de mapas de riesgo para las carreteras en Gran Bretaña, países Bajos, Suecia y Cataluña (provincia de España). En el primer año de ejecución en 2003 se incluyó el perfeccionamiento de dichos mapas de riesgo, y el desarrollo de mapas de riesgo de Italia. En el 2004, las actividades de EURORAP también se llevaron a cabo en Austria, Finlandia, Alemania, Irlanda del Norte y Suiza.

En los últimos informes de EURORAP establecen que menos de un tercio de las principales carreteras de las rutas comerciales de Europa deberán satisfacer los estándares de seguridad para los que las naciones de la Unión Europea se han comprometido. El 15% de las carreteras Trans-Europeas tienen un alto riesgo de seguridad.

Actualmente el EURORAP está presente en treinta y tres países con más de 200,000 Km. evaluados, algunos de estos países se ilustran en la figura 1.2.

Figura 1.2. Países integrantes de EURORAP.

1.3.1.2 AUSRAP.

En 2002, la Asociación Australiana del Automóvil (AAA) publicó un reporte titulado “The National Highway System: Investment Need and Priorities”, que hizo hincapié en la seguridad vial, las prioridades de construcción y las necesidades de inversión. Este reporte informó de las muertes que ocurrieron en el Sistema Nacional de Vialidad e implementó el desarrollo del Programa de Evaluación de Carreteras en Australia (AUSRAP) en 2003. [Ref. 1.4]. En noviembre de 2004, la AAA publicó los primeros informes anuales de AUSRAP. En este informe se explica la naturaleza del AUSRAP y como se podría ayudar a hacer más seguras las carreteras y sobrevivir a los accidentes.

En 2004 AUSRAP centró la atención en el primer protocolo, creando mapas que reflejaban el riesgo de accidentes viales con muertos y lesionados. Los mapas de estos informes fueron realizados con el Sistema Nacional de Vialidad, National Highway System (NHS), cuyos resultados se basaron en los accidentes viales para varias carreteras de las cuales se disponían de datos en el NHS.

En 2005 se realizó el segundo informe en este nuevamente se centró la atención en los mapas de riesgo, pero el análisis se extendió a los vínculos rurales de la red nacional AusLink, esta red representa en general el NHS y también algunas carreteras de importancia nacional, además de un número de carreteras metropolitanas que tienen enlaces a las principales terminales de carga.

El primer informe de calificaciones por estrellas de AUSRAP se publicó en octubre de 2006 mediante una inspección de una serie de elementos de diseño, esta calificación no toma en cuenta el historial de accidentes de la carretera y contó con la evaluación y calificación de más de 18300 km., en resumen 2% de la red fue calificado con dos estrellas, el 51% de la red fue calificado con tres estrellas y el 47% de la red fue calificado con cuatro estrellas.

En septiembre de 2007 se publicó un segundo informe que incluía la valoración con estrellas para la red AusLink, esto llevó a un total de 22969 km., el resultado fue de un 3% con dos estrellas, el 55% con tres estrellas y el 42% con cuatro estrellas. En la figura 1.3 se muestra el mapa de valoración por estrellas realizada por AUSRAP.

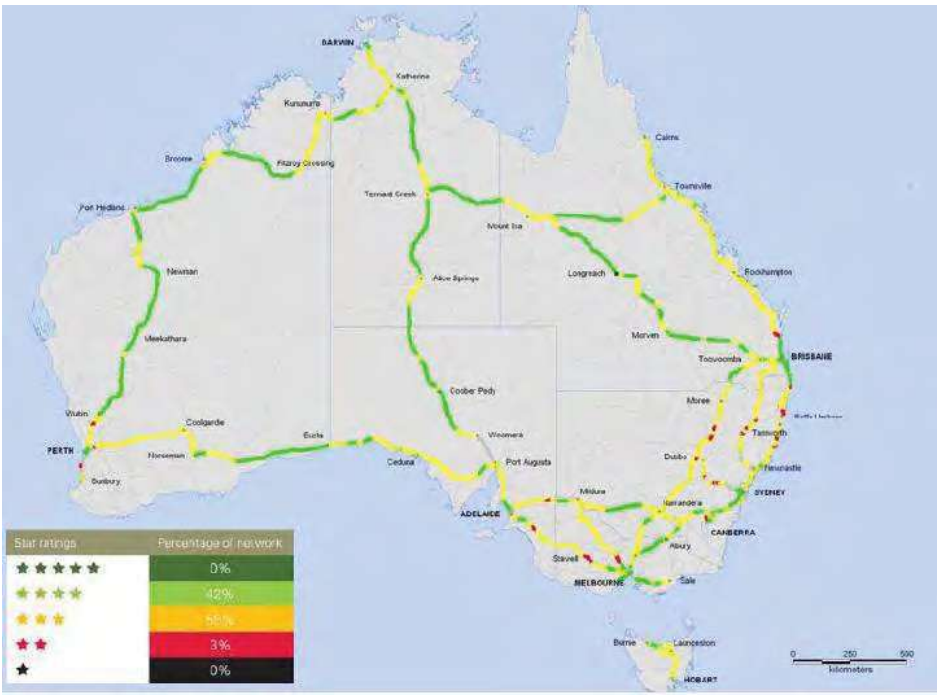


Figura 1.3. Mapa de valoración con estrellas de AUSRAP.

1.3.1.3 USRAP.

La fundación AAA para la Seguridad Vial (AAAFTS) inició un programa piloto para valorar la viabilidad tecnológica y política de USA estableciendo un Programa de Evaluación de Carreteras (USRAP). Este programa ha sido financiado por AAAFTS y la fundación FIA. [Ref. 1.5].

El programa piloto USRAP comenzó en mayo de 2004 y posteriormente fue publicado un informe sobre la primera fase de la obra por AAAFTS en 2006. La Fase I de trabajo incluyó estudios pilotos de conceptos de USRAP en dos estados: Iowa y Michigan. Fueron considerados dos protocolos de mapeos de seguridad: Mapas de riesgo que presentan un resumen de estadísticas de accidentes por ubicación y mapas de valoración con estrellas que presentan una evaluación de las características de diseño relacionadas con la seguridad vial.

La Fase II del programa piloto USRAP, siguió desarrollando el mapeo de riesgos tomando en cuenta conceptos probados del estudio piloto realizado en la Fase I en dos estados adicionales: Florida y Nueva Jersey.

La Fase II desarrolló mapas de riesgo adicionales los cuales tomaban en cuenta temas de interés para la seguridad de las carreteras como: Ocupantes sin cinturón de seguridad, velocidad, alcohol y edad del conductor.

La Fase II también desarrollo un protocolo nuevo de evaluación de carreteras: El seguimiento del desempeño para monitorear los cambios en la seguridad de las carreteras analizadas con respecto al tiempo.

La Fase III de USRAP se realizó en cuatro estados adicionales, esto eleva a un total de ocho estados para los cuales se ha complementado la cartografía de riesgos: Michigan, Iowa, Florida, Nueva Jersey, Illinois, Kentucky, Nuevo México y Utah.

El protocolo de valoración con estrellas se ha aplicado a 1,500 millas de carreteras en Iowa y Washington mediante una medida basada en el riesgo denominada: Calificación de Protección de Carreteras, Road Protection Score (RPS). También se han llevado a cabo campañas de concientización acerca de la seguridad vial como seguimiento de los estudios piloto en Utah y Michigan.

En la figura 1.4 se muestra un mapa con las diferentes fases de USRAP y los Estados que integran cada fase.

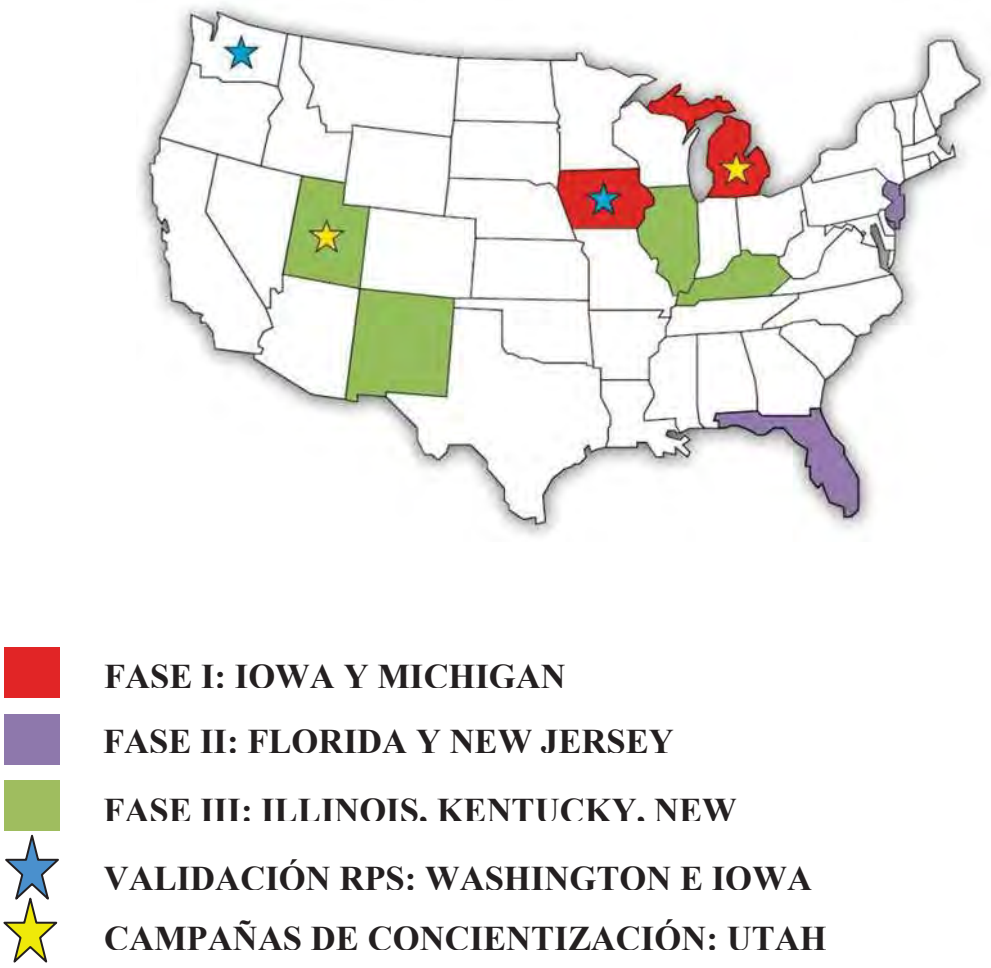


Figura 1.4. Estados integrantes de USRAP.

1.3.1.4 KIWIRAP.

KIWIRAP es parte de la familia de Programas Internacionales de Evaluación de Carreteras (IRAP), que inició en Nueva Zelandia con la colaboración de las dependencias del transporte (Ministerio del Transporte, Tránsito de Nueva Zelandia, Transporte Terrestre de Nueva Zelandia, Policía de Nueva Zelandia) y la asociación del automóvil de Nueva Zelandia, New Zealand Automobile Association (NZAA). [Ref. 1.6]. Para elaborar los mapas de riesgo la Isla Norte se dividió en cuatro regiones y la Isla Sur se Los diferentes niveles de riesgo fueron clasificados de acuerdo a cinco intervalos o categorías de riesgo que dependen de los promedios anuales de accidentes mortales, lesiones y daños materiales. En la figura 1.5 se ilustra un mapa de riesgo realizado por KIWIRAP.

Figura 1.5. Mapas de riesgos de KIWIRAP.

1.3.2 PAISES ASOCIADOS DE IRAP.

IRAP ha desarrollado una metodología de inspección para países de ingresos bajos y medios, haciendo uso de la amplia base de investigación y conocimientos de las iniciativas RAP existentes (EURORAP en Europa, AUSRAP en Australia y USRAP en los EE.UU), los cuales han trabajado en conjunto con las organizaciones que se dedican a la investigación de la seguridad vial en todo el mundo y expertos locales para desarrollar y poner a prueba estas herramientas. [Ref. 1.7].

1.3.2.1 PAISES DE LATINOAMERICA Y DEL CARIBE.

Los países de Latinoamérica y el Caribe que están asociados a IRAP se ilustran en la figura 1.6.

Figura 1.6. Países de Latinoamérica y el Caribe asociados a IRAP.

1.3.2.2 PAISES DE ASIA.

Los países de Asia que están asociados a IRAP se ilustran en la figura 1.7.

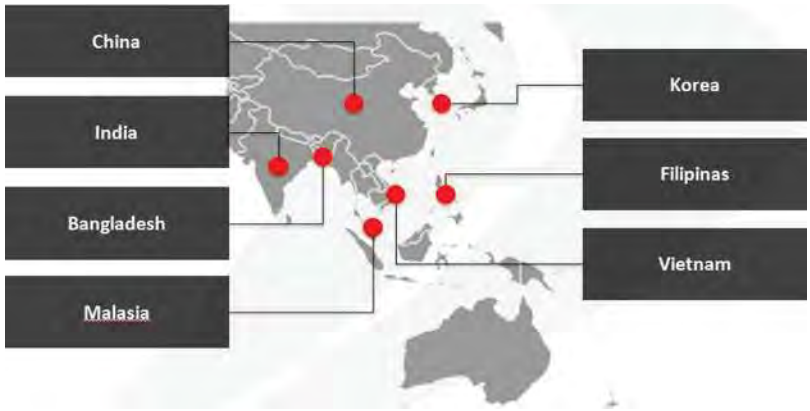


Figura 1.7. Países de Asia asociados a IRAP.

1.3.2.3 PAISES DE ÁFRICA.

Los países de África que están asociados a IRAP se ilustran en la figura 1.8.

Figura 1.8. Países de África asociados a IRAP.

1.3.3 PAISES PILOTO DE IRAP.

En el año 2006, IRAP obtuvo el apoyo de la Fundación FIA para desarrollar un ambicioso programa de inversiones, con el fin de desarrollar herramientas para ayudar a países de ingresos bajos y medios a encontrar el mayor rendimiento social y económico posible a las inversiones a través de la creación de carreteras más seguras. IRAP ha puesto a prueba esta metodología de inspección en cuatro países: Chile, Costa Rica, Malasia y Sudáfrica. [Ref. 1.8].

1.3.3.1 SUDAFRICA.

Población: 47.4 millones.

Carreteras: 276000 km. 21% asfaltadas.

Víctimas mortales: 153931 (2006).

Muertos por 100000 habitantes: 32.5.

Seguridad vial: el 42% de los fallecidos son peatones, accidentes con varios muertos son relativamente habituales.

Costos para la economía: 2.3% del PIB.

Objetivos: Reducir las muertes en un 5%.

Inspecciones: 2100 km de carreteras en KwaZulu-Natal, aproximadamente el 4% de las carreteras asfaltadas de Sudáfrica. Se espera que el programa recomendado, con un costo de construcción inicial de 49 millones de dólares, evite 6900 muertes y lesiones serias a lo largo de 20 años. En promedio, salvar cada vida y lesión seria costaría 7600 dólares, y se estima que los beneficios sobre la inversión tendrán un valor total de 0.6 mil millones de dólares.

Las Tablas 1.1 y 1.2 muestran la información de costos relacionada con este proyecto.

Tabla 1.1. Costos Globales del Proyecto Sudáfrica.

Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	49
Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	52
Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	6900
Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	600
Costo por accidente mortal o grave evitado (dólares)	7600
Índice beneficio/costo general del programa	12

Tabla 1.2. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Sudáfrica.

Tipo de contramedida	Longitud o número de puntos (kilómetros)	Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	Costo por accidente mortal o grave (20 años) dólares	Índice beneficio/costo del programa
Sellado / construcción de arcenes	260	12	12	1600	143	7600	12
Mediana	70	11	11	1500	128	7700	11
Barreras de seguridad laterales	140	12	12	1300	118	8900	10
Vías peatonales	60	4	4	1000	87	3900	23
Duplicación de barrera mediana	10	6	6	500	44	11200	8

1.3.3.2 MALASIA.

Población: 26.6 millones.

Carreteras: 74000 km, 79% asfaltadas

Víctimas mortales: 6282 (2007).

Muertos por 100000 habitantes: 22.8.

Seguridad vial: Más del 60% de las víctimas mortales son motociclistas.

Objetivos: Reducir las muertes en carretera a una tasa de 10 muertes por 100000 habitantes hasta el año 2010.

Inspecciones: 3700 km de carreteras en la península de Malasia, aproximadamente el 6% de las carreteras asfaltadas de Malasia.

Se espera que el programa recomendado, con un costo de construcción inicial de 174 millones de dólares, evite 31800 muertes y lesiones serias a lo largo de 20 años. En promedio, salvar cada vida y lesión seria costaría 5700 dólares, y se estima que los beneficios sobre la inversión tendrán un valor total de casi 3 mil millones de dólares. Las Tablas 1.3 y 1.4 muestran la información de costos relacionada con este proyecto.

Tabla 1.3. Costos Globales del Proyecto Malasia.

Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	174
Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	181
Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	31800
Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	2900
Costo por accidente mortal o grave evitado (dólares)	5700
Índice beneficio/costo general del programa	16

Tabla 1.4. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Malasia.

Tipo de contramedida	Longitud o número de puntos (kilómetros)	Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	Costo por accidente mortal o grave (20 años) dólares	Índice beneficio/costo del programa
Eliminar obstáculos laterales	1650	7	7	9700	892	800	121
Carriles para motocicletas	270	5	5	900	81	6000	15
Mejoras de las intersecciones	380 p	14	14	2000	185	6800	14
Mejoras de capacidad y adelantamiento	380	56	56	8200	756	6800	14
Sellado / construcción de arneses	270	11	11	1400	127	7800	12

1.3.3.3 CHILE.

Población: 16.5 millones.

Carreteras: 80000 km, 20% asfaltadas.

Víctimas mortales: 16522 (2006).

Muertos por 100000 habitantes: 10,0.

Seguridad vial: El 46% de las víctimas mortales son peatones, 10% ciclistas.

Inspecciones: 2500 km, aproximadamente el 17% de las autopistas nacionales asfaltadas en Chile.

Se espera que el programa recomendado, con un costo de construcción inicial de 68 millones de dólares, evite 19400 muertes y lesiones serias a lo largo de 20 años. En promedio, salvar cada vida y lesión seria costaría 3800 dólares, y se estima que los beneficios sobre la inversión tendrán un valor total de 2300 millones de dólares.

Las Tablas 1.5 y 1.6 muestran la información de costos relacionada con este proyecto.

Tabla 1.5. Costos Globales del Proyecto Chile.

Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	68
Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	74
Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	19400
Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	2300
Costo por accidente mortal o grave evitado (dólares)	3800
Índice beneficio/costo general del programa	32

Tabla 1.6. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Chile.

Tipo de contramedida	Longitud o número de puntos (kilómetros)	Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	Costo por accidente mortal o grave (20 años) dólares	Índice beneficio/costo del programa
Sellado / construcción de arcenes	1100	25	27	9100	1099	2900	41
Vías peatonales	520	26	26	6100	738	4300	28
Rotondas en intersecciones	580 p	7	7	1600	187	4800	25
Tranquilización de tránsito	130	2	3	1500	176	2300	52
Cruces para peatones	190 p	2	4	500	55	8500	14

1.3.3.4 COSTA RICA.

Población: 4.4 millones.

Carreteras: 30000 km, 14% asfaltadas.

Víctimas mortales: 616 (2005).

Muertos por 100000 habitantes: 14.

Seguridad vial: El 57% de las víctimas mortales son peatones, los ciclistas también tienen una importante representación en los datos sobre accidentes.

Costes para la economía: 2.3% del PIB.

Objetivos: Reducción de las muertes en un 19% a lo largo de los próximos 5 años.

Inspecciones: 2801 km, aproximadamente el 64% de las autopistas nacionales asfaltadas.

Se espera que el programa recomendado, con un costo de construcción inicial de 50 millones de dólares, evite 14700 muertes y lesiones serias a lo largo de 20 años. En promedio, salvar cada vida y lesión seria costaría 3600 dólares, y se estima que los beneficios sobre la inversión tendrán un valor total de 1200 millones de dólares. Las Tablas 1.7 y 1.8 muestran la información de costos relacionada con este proyecto.

Tabla 1.7. Costos Globales del Proyecto Costa Rica.

Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	50
Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	53
Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	14700
Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	1200
Costo por accidente mortal o grave evitado (dólares)	3600
Índice beneficio/costo general del programa	22

Tabla 1.8. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Costa Rica.

Tipo de contramedida	Longitud o número de puntos (kilómetros)	Costo inicial de construcción estimado (millones de dólares)	Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	Costo por accidente mortal o grave (20 años) dólares	Índice beneficio/costo del programa
Sellado / construcción de arcenes	180	6	7	1500	121	4400	18
Vías peatonales	190	14	14	6900	543	2100	38
Cruces para peatones	170 p	9	11	2500	200	4200	19
Señalizar intersecciones	80 p	9	9	900	68	9800	8
Rotondas en intersecciones	230 p	3	3	700	56	4000	20

La Tabla 1.9 sintetiza la información de costos globales para los cuatro proyectos piloto antes mencionados.

Tabla 1.9. Síntesis de Costos Globales para los Cuatro Proyectos Piloto.

	Costo estimado para construir y mantener (20 años) (millones de dólares)	Accidentes mortales o graves evitados (20 años)	Valor del beneficio de seguridad (20 años) (millones de dólares)	Costo por accidente mortal o grave evitado (dólares)	Índice beneficio/costo del programa
SUDÁFRICA	52	6900	600	7600	12
MALASIA	181	31800	2900	5700	16
CHILE	74	19400	2300	3800	32
COSTA RICA	53	14700	1200	3600	22

2 OBTENCION DE DATOS ESTADISTICOS.

En este capítulo se describirá la elaboración del Sistema de manejo de información para el Corredor Mesoamericano del Pacífico, integrando en el Sistema de Información Geográfico (SIG) denominado ArcView un conjunto de datos de dicho camino, tales como clasificación, nomenclatura de las carreteras, aforo e información de accidentes.

Un SIG es un conjunto de métodos, herramientas y datos, diseñado para actuar coordinada y lógicamente en la captura, almacenamiento, análisis, transformación y presentación de la información geográfica y de sus atributos. [Ref. 2.1].

Surgen como resultado a la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de manera inmediata. Otras definiciones enfatizan: su componente de base de datos, sus funcionalidades o el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones; finalmente todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial. Permiten satisfacer múltiples propósitos, entre ellos gestionar y analizar la información espacial. Los SIG permiten:

• Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos.

• Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema.

• Realizar pruebas analíticas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial.

• Efectuar algunos análisis de forma rápida, que hechos manualmente resultarían tediosos y molestos.

2.1 GENERACIÓN E INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

ArcView es una herramienta desarrollada la empresa estadounidense ESRI. Con ella se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis. [Ref. 2.2].

Los **Shapefiles de Arcview** son formatos, no topológico, que almacena la ubicación geométrica y de atributos para un conjunto de elementos geográficos: rasgos georreferenciados (líneas, puntos y polígonos), conteniendo un Shapefile de éstos. Aunque se trata de un solo archivo, este puede contener hasta 5 archivos con el mismo nombre y extensiones específicas distintas:

***.shp**: archivo que almacena la geometría y datos espaciales, de los rasgos.

***.shx**: archivo que almacena el índice de la geografía de los rasgos.

***.dbf**: archivo DBase que almacena la información de atributos de los rasgos, tabla de atributos.

***.sbx** y **.sbn**: almacena el índice espacial de los rasgos.

***.ain** y **.aih**: almacena el índice de atributos de los campos activos en una tabla.

El proyecto es la principal aplicación de Arcview, donde se almacena todo el trabajo que se realiza con el SIG, con sus características y objetivos generales. Esta ventana permite visualizar, abrir, agregar, ejecutar e imprimir el proyecto.

El proyecto se compone de los siguientes documentos:

• **Vistas (view).**

Es un área de trabajo con información cartográfica (ríos, lagos, curvas de nivel, parcelas, caminos, etc.) Se puede decir que es un mapa interactivo, capaz de desplegar temas de información geográfica.

Una vista está compuesta por dos partes: La tabla de contenidos (TOC) encargada de organizar los temas y mostrar las leyendas, y la muestra de mapas cuya función es mostrar los elementos para cada tema o capa de información geográfica. Otra función que se aplica a las vistas es dar respuesta a las consultas realizadas por el usuario.

• **Tablas (Tables).**

Es un área que permite la gestión de los atributos temáticos asociados a los temas (cartografía) o aquellas tablas externas que se añaden al proyecto.

Las tablas contienen y muestran información tabular, almacenando la información que describe los elementos geográficos que contienen las vistas (calles, árboles, etc.), donde cada elemento contiene un único registro de características que lo describen. La creación de estas tablas puede ser a partir de un tema específico o importándola desde un archivo de bases de datos: DBase III o IV, INFO o ASCII, separados por comas o tabulaciones.

• **Gráficos (Chart).**

Es un área de trabajo con gráficos realizados a partir de los atributos contenidos en las tablas de datos, en los cuales se representa de manera visual la información tabular, sin las tablas no existen gráficos. Arcview permite interactuar con seis tipos de gráficos: barras, columnas, líneas, circular, área y dispersión, según los campos el software discrimina el tipo de gráfico que puede ser utilizado.

• **Layout.**

Es un área para el armado de composiciones de mapa (salidas gráficas de las **vistas**), que permiten unir distintos tipos de documentos del proyecto (vistas, tablas y gráficos) y otros componentes de un mapa (escala, orientación, viñetas, etc.). Su función es servir de salida gráfica, para informes o presentaciones. No se puede operar o realizar algún tipo de análisis sobre ellas, excepto operaciones de edición.

• **Script.**

Es un área de creación de macros y de programación en lenguaje Avenue enfocado a objetos, que permiten automatizar tareas, añadir nuevas capacidades y aplicaciones a Arcview, que permiten simplificar el uso del software lo que se traduce a un ahorro de tiempo en tareas y objetivos propuestos. En resumen, permiten personalizar la aplicación según necesidades del proyecto.

2.1.1 CARTOGRAFÍA BÁSICA.

La información cartográfica para la elaboración de este trabajo fue generada a partir de información espacial registrada en campo utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) por los centros SCT de los Estados de la República. El registro de esta información fue realizado bajo la dirección del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Después del registro de dicha información por los Centros SCT, la misma fue almacenada por el IMT, en archivos computacionales en el formato de datos espaciales de SIG denominado ArcInfo. Este es un SIG muy poderoso que representa el estándar operativo para los SGI's a nivel universal. En dicho formato, la información queda organizada en coberturas o capas. Cabe aclarar que un dato espacial es aquel vinculado a una ubicación geográfica determinada (p. ej. un segmento de calle o de carretera).

En ArcView, una representación cartográfica o mapa se genera integrando un conjunto de rasgos geográficos dentro de un proyecto. Cada uno de estos conjuntos constituye un tema, para cada tema existe una tabla de atributos, la cual es una base de datos que almacena en diferentes campos las características específicas de cada rasgo geográfico.

A partir de estos temas puede generarse una vista, en la cual se ilustran tanto el mapa deseado como la información representada en el mismo. En ArcView, un proyecto es un archivo que contiene todas las vistas, tablas y gráficas utilizadas en una aplicación específica.

Para el desarrollo de este trabajo se importaron de coberturas de ArcInfo, los rasgos geográficos contenidos en los archivos de ArcView mencionados a continuación:

--"limites.shp". En este archivo cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la división política (o por Estados) de la República Mexicana.

--“Corredor_Mesoamericano.shp”. En este archivo cada registro corresponde a una poligonal abierta que representa una sección o intervalo de Corredor Mesoamericano del Pacífico.

--“Cabeceras.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa una cabecera municipal.

El conjunto de estos tres elementos conforma la cartografía básica a partir de la cual se generó el SIG.

Una vez importados los temas anteriores y activados dentro de una vista “Carretera” del proyecto generado “Corredor.apr”, se obtuvo el mapa que se ilustra en la figura 2.1. La tabla de contenidos a la izquierda del mapa indica los temas incluidos en el proyecto. Asimismo, con una marca a la izquierda de sus letreros descriptivos o leyendas, se señalan los temas activados o dibujados en el mapa. En ArcView, los temas activados son dibujados de abajo hacia arriba según se listan en la Tabla de Contenidos.

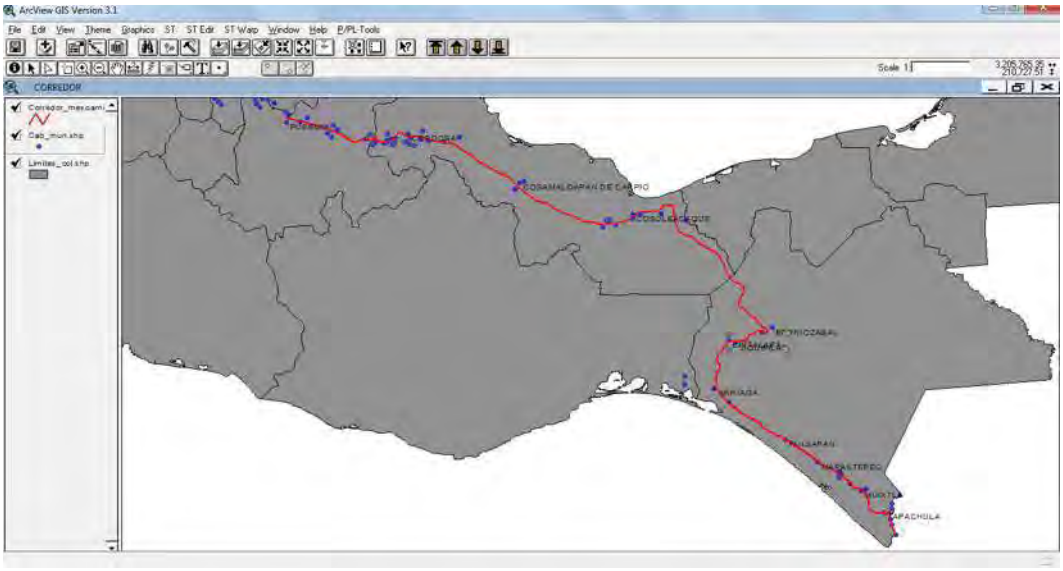


Figura 2.1. Mapa de cartografía básica del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

2.1.2 SEGMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DEL CORREDOR MESOAMERICANO DEL PACÍFICO.

Se requiere que el sistema maneje información a los 4 niveles territoriales: (I) ruta, (II) carretera y (III) tramo y (IV) segmento de 500 metros. Por lo tanto, para cada

uno de estos niveles, fue necesario preparar una segmentación de la Red de Carreteras Federales que conforman el Corredor Mesoamericano del Pacífico, a partir de la cartografía básica antes descrita. La segmentación para cada uno de los niveles anteriores fue preparada en una vista diferente (en todos los casos se utilizaron las herramientas de ArcView "Star Editing" del menú "Theme", "Union Feature" del menú "Edit" y algunas de las opciones del botón "Draw Line"). Enseguida se describe la generación de dichas segmentaciones o vistas.

2.1.2.1 SEGMENTACIÓN POR RUTAS.

La tabla 1 muestra las Rutas que conforman el Corredor Mesoamericano del Pacífico, la primera columna de la tabla presenta un número secuencial; la segunda, la nomenclatura de cada ruta en la clasificación de carreteras de la DGST; la tercera, el nombre de la ruta, la cuarta, el identificador asignado en ArcView a cada ruta al generarse esta segmentación, y la quinta, la longitud registrada en ArcView para cada ruta. El último renglón de la tabla indica que la longitud total del Corredor Mesoamericano del Pacífico registrada en ArcView es de 1129.80 km. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "RUTAS", del proyecto "Corredor.apr".

Tabla 1. Rutas del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

No.	RUTA	NOMBRE DE LA RUTA	IDENTIFICADOR EN	LONGITUD
1	MEX - 150D	MEXICO VERACRUZ (CUOTA)	MEX - 150D	223.90
2	MEX - 145D	LA TINAJA - COSOLEACAQUE (CUOTA)	MEX - 145D	262.00
3	MEX - 180	COATZACOALCOS - VILLAHERMOSA	MEX – 180	26.00
4	MEX - 187D	LAS CHOAPAS - OCOZOCOAUTLA (CUOTA)	MEX - 187D	197.50
5	MEX - 220	OCOZOCOAUTLA – ENT. EL SABINO	MEX – 220	10.00
6	MEX - 190	MEXICO – CD. CUAUHTEMOC	MEX – 190	79.20
7	MEX - 193	LAS CRUCES - ARRIAGA	MEX – 193	47.30
8	MEX - 200	TEPIC – PUENTE TALISMAN	MEX – 200	283.00
			LONGITUD TOTAL	**1129.20**

La figura 2.2 ilustra la segmentación obtenida, indicándose con diferentes colores 8 distintas rutas identificadas.

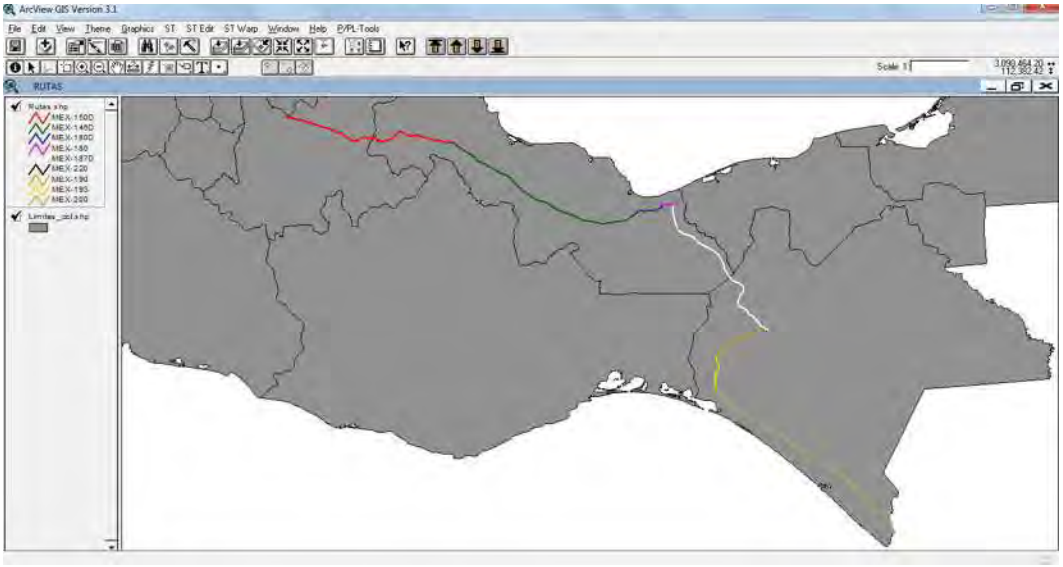


Figura 2.2. Mapa de Rutas del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

2.1.2.2 SEGMENTACIÓN POR CARRETERAS.

La tabla 2 presenta las Carreteras Federales del Corredor Mesoamericano del Pacífico incluidas en esta segmentación. La primera columna de la tabla muestra un número secuencial; la segunda, la nomenclatura (o clave) de la carretera en la clasificación de carreteras de la DGST; la tercera, el nombre de la carretera; la cuarta, el identificador dado en ArcView a cada carretera al generarse esta segmentación; la quinta la longitud registrada en ArcView para cada carretera y la sexta, la clave de la ruta (según la clasificación de carreteras de la DGST) a la que pertenece la carretera. En el último renglón de la tabla se obtiene la misma longitud total de 1129.80 km.

Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "CARRETERAS".

Tabla 2. Carreteras del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

No.	CLAVE (DGST)	NOMBRE DE LA CARRETERA	IDENTIFICADOR EN ARCVIEW	LONGITUD (km)	RUTA (DGST)
1	00485	PUEBLA - CORDOBA (CUOTA)	00485	178.10	MEX - 150D
2	30066	CORDOBA - VERACRUZ (CUOTA)	50090	45.80	MEX - 150D
3	30144	LA TINAJA - COSOLEACAQUE (CUOTA)	50550	228.00	MEX - 145D
4	30730	MINATITLAN - NUEVO TEAPA (CUOTA)	30730	34.00	MEX - 145D
5	00528	COATZACOALCOS - VILLA HERMOSA	00528	26.60	MEX – 180
6	00077	LAS CHOAPAS - OCOZOCOAUTLA (CUOTA)	00077	197.50	MEX - 187D

7	07579	OCOZOCOAUTLA - ENT. EL SABINO	07579	10.00	MEX – 220
8	00060	TAPANATEPEC - TUXTLA GUTIERREZ	00060	79.20	MEX – 190
9	07196	LAS CRUCES – ARRIAGA	07196	47.30	MEX – 193
10	00075	TAPANATEPEC – TALISMAN	00075	256.30	MEX – 200
11	07274	RAMAL A CD. HIDALGO	07274	27.00	MEX -200
			LONGITUD TOTAL =	**1129.80 km.**	

La figura 2.3 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 12 distintas carreteras identificadas.

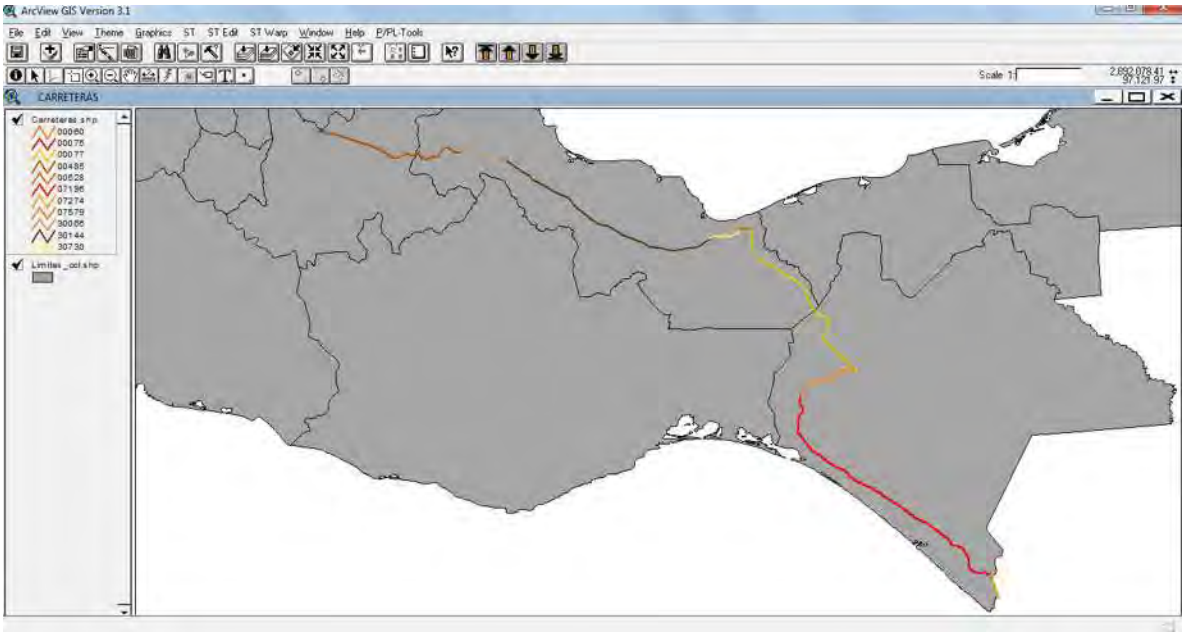


Figura 2.3. Mapa de Carreteras del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

2.1.2.3 SEGMENTACIÓN POR TRAMOS.

Tabla 3. Tramos del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN ArcView	LONGITUD (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
1	PUEBLA - LIM. EDOS. PUE./VER.	210048501	109.10	MEX-150D	00485
2	LIM. EDOS. PUE./VER. - T. DER. CIUDAD MENDOZA	300048502	31.00	MEX-150D	00485
3	T. DER. CIUDAD MENDOZA - T. IZQ. ORIZABA	300048503	12.90	MEX-150D	00485
4	T. IZQ. ORIZABA - CORDOBA	300048504	25.10	MEX-150D	00485
5	CORDOBA - ENT. LA TINAJA	305009001	45.80	MEX-150D	30066
6	LA TINAJA - CASETA DE COBRO COSAMALOAPAN	305055001	83.36	MEX-145D	30144
7	CASETA DE COBRO COSAMALOAPAN - ENT. CD. ISLA	305055002	34.64	MEX-145D	30144
8	ENT. CD. ISLA - ACAYUCAN	305055003	70.00	MEX-145D	30144
9	ACAYUCAN - COSOLEACAQUE	305056001	40.00	MEX-145D	30144
10	NUEVO TEAPA - CASETA DE COBRO	303073001	11.00	MEX-145D	30730
11	CASETA DE COBRO - COSOLEACAQUE	303073002	23.00	MEX-145D	30730
12	T. IZQ. AGUA DULCE - LIM. EDOS. VER./TAB.	300052803	26.60	MEX-180	00528

13	T.C. (COATZACOALCOS - VILLAHERMOSA) - CASETA DE COBRO	300007701	16.80	MEX-187D	00077
14	CASETA DE COBRO LAS CHOAPAS - CASETA DE COBRO	300007702	111.20	MEX-187D	00077
15	CASETA DE COBRO MALPASITO - LIM. EDOS. VER./CHIS.	300007703	2.00	MEX-187D	00077
16	LIM. EDOS. VER./CHIS. - T. IZQ. MALPASO	070007704	11.87	MEX-187D	00077
17	T. IZQ. MALPASO - CASETA DE COBRO OCOZOCOAUTLA	070007705	40.33	MEX-187D	00077
18	CASETA DE COBRO OCOZOCOAUTLA - T.C. (TAPANATEPEC -	070007706	15.30	MEX-187D	00077
19	T.C. (TAPANATEPEC - TUXTLA GUTIERREZ) - BERRIOZABAL	070757901	10.00	MEX-220	07579
20	OCOZOCUAUTLA - T. IZQ. BERRIOZABAL	070006007	12.70	MEX-190	00060
21	CINTALAPA - OCOZOCUAUTLA	070006006	47.30	MEX-190	00060
22	T. IZQ. ABELARDO L. RODRIGUEZ - CINTALAPA	070006005	8.00	MEX-190	00060
23	T. DER. ARRIAGA - T. IZQ. ABELARDO L. RODRIGUEZ	070006004	11.20	MEX-190	00060
24	LAS CRUCES - T. IZQ. VILLA FLORES	070719601	27.00	MEX-193	07196
25	T. IZQ. VILLA FLORES - T.C. (TAPANATEPEC - TALISMAN)	070719602	20.30	MEX-193	07196
26	ARRIAGA - HUIXTLA (CUOTA)	075709001	204.00	MEX-200	00075
27	HUIXTLA – CHAMULAPA	070007511	16.50	MEX-200	00075
28	CHAMULAPA - ALVARO OBREGON	070007512	10.00	MEX-200	00075
29	ALVARO OBREGON - TAPACHULA	070007513	15.90	MEX-200	00075
30	TAPACHULA - T. DER. CIUDAD HIDALGO	070007514	9.90	MEX-200	00075
31	RAMAL A CD. HIDALGO	070727401	27.00	MEX-200	07274
	LONGITUD TOTAL =		**1129.80 km.**		

Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada “TRAMOS”. La figura 2.4 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 31 tramos identificados.

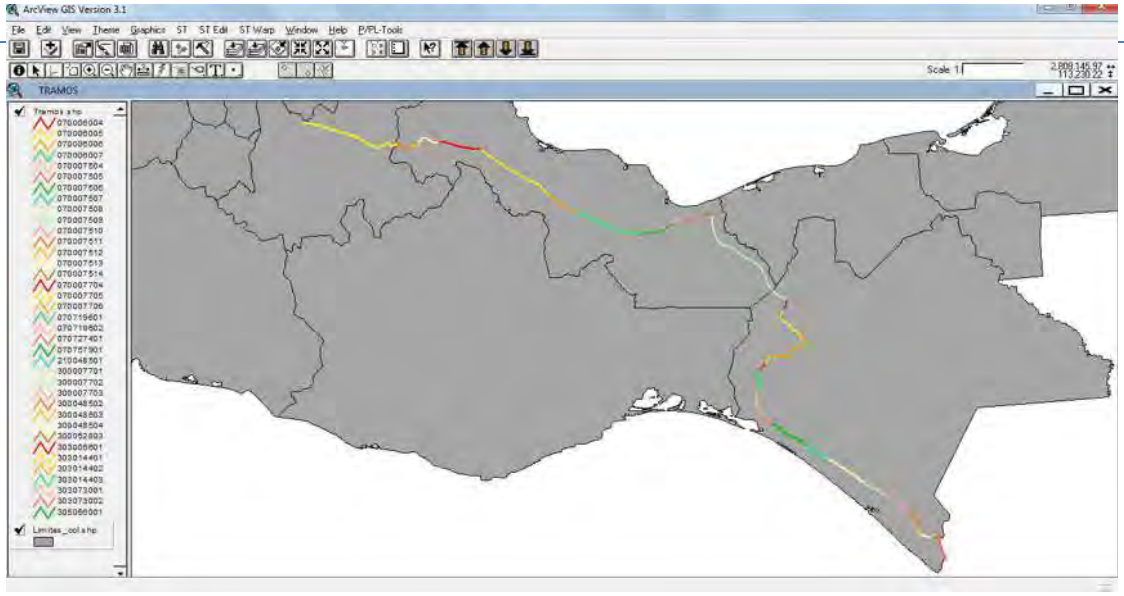


Figura 2.4. Mapa de Tramos del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

2.1.2.4 SEGMENTACIÓN POR SEGMENTOS DE 500 m.

Esta se obtuvo de segmentar cada uno de los tramos de la Red del Corredor Mesoamericano del Pacífico, en elementos de 500 m. En este caso el identificador para cada segmento se constituyo por números consecutivos, iniciando con el número uno, dado a los segmentos según su ubicación dentro de la secuencia kilométrica. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "SEGMENTOS DE 500 M". La figura 2.5 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores.

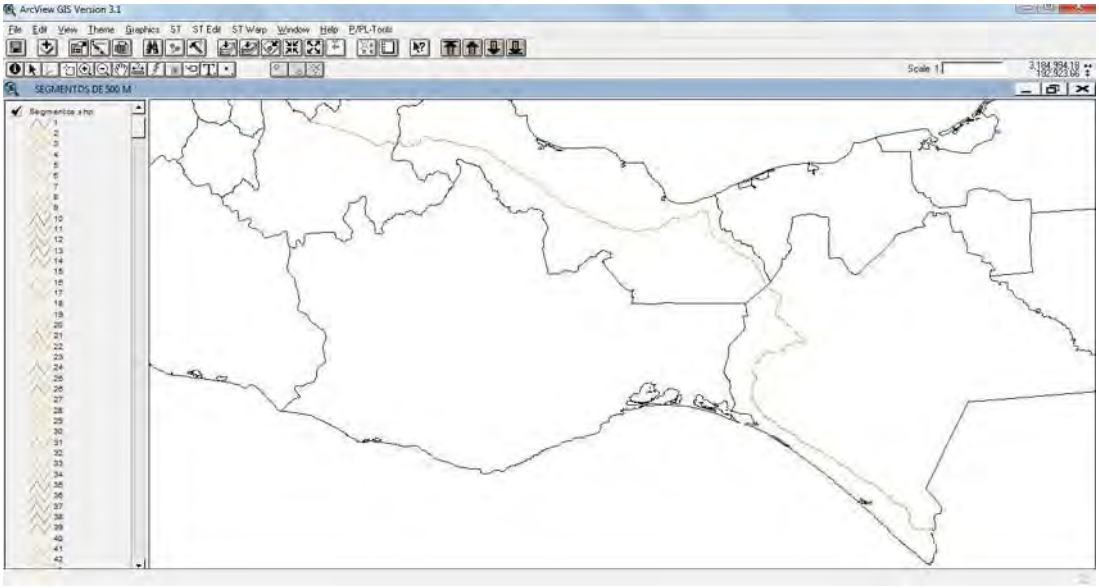


Figura 2.5. Mapa de Segmentos de 500 m. del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

2.1.3 GENERACIÓN DE ARCHIVOS ELECTRÓNICOS TABULARES.

2.1.3.1 FLUJOS DE TRÁNSITO EN LOS TRAMOS.

El siguiente paso en la construcción del sistema fue añadir a las cuatro vistas elaboradas anteriormente (por rutas, por carreteras, por tramos y por segmentos de 500 metros), la información de aforos y composición vehicular generada por la DGST para la Red del Corredor Mesoamericano del Pacífico para 2009. La información de aforos y composición vehicular de la DGST se obtuvo de los "DATOS VIALES 2010" del portal web de la Subsecretaría de Infraestructura de la DGST, la cual se capturó en un archivo computacional compatible con el formato de base electrónica de datos (DBASE). Los aforos corresponden al "Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)" en diferentes sitios (o estaciones) y la composición vehicular a los porcentajes con que distintos tipos de vehículos (A, B, C2, C3, T3-S2, T3-S3, T3-S2-R4 y OTROS) constituyen el TDPA.

La Tabla 4 ilustra la estructura de los valores ponderados para los tramos. En este caso, la ponderación fue realizada en términos de las distancias de influencia de una serie de sitios de aforo (o puntos generadores). Las bases de datos de los otros tres tipos de elementos (ruta, carretera y segmento) tienen estructura similar a la de tramos.

Para cada una de las segmentaciones, el proceso de vinculación consistió en, primero, generar la tabla (o base de datos) de valores ponderados; después, colocar el identificador de ArcView en esta tabla para cada elemento carretero (o rasgo geográfico); y, finalmente, establecer los vínculos a nivel de cada elemento entre este archivo y el tema de la segmentación correspondiente mediante la herramienta "Join" (del menú "Table") de ArcView. Evidentemente el elemento común de vínculo entre la base de datos y dicho tema, es el identificador de ArcView para cada elemento. Cabe aclarar que el tercer paso antes señalado se realiza desde la segmentación hacia la que se efectúa la vinculación, no transfiriéndose realmente datos del archivo de aforos con clasificación vehicular hacia el tema de la segmentación, sino que sólo se establece una liga entre su Tabla de Atributos y el archivo tabular vinculado.

Tabla 4. Estructura de la Base de Datos de Valores Ponderados de Aforo y Composición Vehicular para Cada Elemento.

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	No	Carácter	3	Número de registro
2	NOMBRE_TRAMO	Carácter	70	Nombre del tramo según la DGST de la SCT
3	IDENTIFICA	Numérico	20	Identificador de ArcView del tramo
4	LONGITUD	Numérico	9	Longitud del tramo según la DGST de la SCT
5	KMI	Numérico	6	Kilómetro inicial del tramo
6	KMF	Numérico	6	Kilómetro final del tramo
7	RUTA_DGST	Numérico	9	Clave de la ruta a la que pertenece la carretera según la DGST de la SCT
8	CARRETERA_DGST	Numérico	11	Clave de la carretera a la que pertenece el tramo según la DGST de la SCT
9	TDPA_2009	Numérico	9	Ponderación del TDPA 2009
10	A	Numérico	5	Porcentaje de automóviles
11	B	Numérico	5	Porcentaje de autobuses
12	C2	Numérico	5	Porcentaje de camiones unitarios de dos ejes
13	C3	Numérico	5	Porcentaje de camiones unitarios de tres ejes
14	T3-S2	Numérico	5	Porcentaje de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes
15	T3-S3	Numérico	5	Porcentaje de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes
16	T3-S2-R4	Numérico	7	Porcentaje de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 2

				ejes y remolque de 4 ejes
17	OTROS	Numérico	5	Porcentaje de otro tipo de combinaciones de camiones de carga
18	A1	Numérico	5	Porcentaje total de automóviles
19	B1	Numérico	5	Porcentaje total de autobuses
20	C1	Numérico	5	Porcentaje total de camiones de carga

2.1.3.2 INFORMACIÓN DE ACCIDENTES.

La información de accidentes que se utiliza en este trabajo fue obtenida a partir de un archivo electrónico generado por el IMT, con información proveniente de los reportes de los accidentes registrados en 2009 en los tramos comprendidos entre: Puebla-Lim. Edos. Puebla/Veracruz y Tapanatepec-Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Las Tabla 5 muestra algunos elementos de la estructura de la base de datos de accidentes.

Tabla 5. Estructura de la Base de Datos "Accidentes".

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	NUM_ACCIDENTE	Numérico	14	Número de registro
2	FECHA_ACCIDENTE	Carácter	17	Nombre del tramo según la DGST de la SCT
3	KM	Numérico	5	Identificador de ArcView del tramo
4	SECTOR	Numérico	7	Longitud del tramo según la DGST de la SCT
5	NOMBRE_TRAMO	Carácter	70	Kilómetro inicial del tramo
6	AUTOPISTA	Carácter	18	Kilómetro final del tramo
7	AUTOPISTA_SENTIDO	Carácter	18	Clave de la ruta a la que pertenece la carretera según la DGST de la SCT
8	No_TRAMO	Numérico	10	Clave de la carretera a la que pertenece el tramo según la DGST de la SCT
9	TIPO_ACC	Carácter	10	Ponderación del TDPA 2009
10	TIPO_VICT	Numérico	8	Porcentaje de automóviles
11	NUM_L	Numérico	5	Porcentaje de autobuses
12	NUM_M	Numérico	5	Porcentaje de camiones unitarios de dos ejes
13	TOTAL_PAR	Numérico	10	Porcentaje de camiones unitarios de tres ejes
14	ID_RUTA	Numérico	7	Porcentaje de tractocamiones de

				3 ejes con semirremolque de 2 ejes
15	ID_CARR	Numérico	7	Porcentaje de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes
16	ID_TRAMO	Numérico	7	Porcentaje de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes
17	ID_SEG	Numérico	7	Porcentaje de otro tipo de

La base de datos “ACCIDENTES” resultó con un total de 3,019 registros. Las cifras anteriores son del orden de 9.8% del total nacional reportado anteriormente.

La tabla 6 ilustra los tipos de accidentes que se almacena en la variable TIPO_ACC de la tabla anterior, de acuerdo con el siguiente sistema de claves:

Tabla 6. Tipos de Accidentes.

	TIPO DE ACCIDENTE
1	CHOQUE POR ALCANCE
2	CHOQUE POR ALCANCE MULTIPLE
3	CHOQUE LATERAL
4	CHOQUE DE FRENTE
5	CHOQUE DE COSTADO
6	CHOQUE DE MOTOCICLETA
7	CAIDA DE MOTOCICLETA
8	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
9	CHOQUE CONTRA SEMOVIENTE
10	**CHOQUE VS. OBJETO DENTRO DE CARPETA ASFALTICA**
10.1	ARBOL
10.2	PIEDRA
10.3	CARGA DE OTRO VEHICULO
10.4	LLANTA
10.5	SEÑALAMIENTO PROVISIONAL
10.6	MATERIAL DE CONSTRUCCIÒN DE CARRETERA
10.7	OTROS (ESPECIFICAR)
11	**CHOQUE VS. OBJETO FUERA DE CARPETA ASFALTICA**
11.1	BARRAS METALICAS
11.2	TALUD
11.3	PIEDRA
11.4	SEÑALAMIENTO
11.5	BASES DE PUENTE
11.6	ARBOL
11.7	MURO LATERAL
11.8	OTROS (ESPECIFICAR)
12	INVASIÒN DE CARRIL CONTRARIO
13	SALIDA DEL CAMINO
14	SALIDA DEL CAMINO A RAMPA DE EMERGENCIA
15	SALIDA DEL CAMINO EN PUENTE
16	SALIDA DEL CAMINO Y DESBARRANCAMIENTO
17	VOLCADURA SOBRE CARPETA ASFALTICA

18	VOLCADURA FUERA DE LA CARPETA ASFALTICA
19	ATROPELLADO
20	CAIDA DE CARGA SOBRE OTROS VEHICULOS
21	REMOLQUE DESENGANCHADO

2.1.3.3 GEOCODIFICACIÓN.

Geocodificación es el proceso mediante el cual se añaden puntos de determinada ubicación en un mapa, de acuerdo con un cierto sistema de direcciones (o domicilios) contenido en dicho mapa. Por lo tanto, para poder realizar este proceso, se requiere de la dirección específica de los puntos a geocodificar así como del mapa con el sistema de direcciones.

En este trabajo es de relevancia geocodificar el archivo de accidentes descrito anteriormente. Cada punto a geocodificar es cada uno de los registros contenidos en el archivo o base de datos.

Antes de realizar la geocodificación de un archivo de puntos, es necesario contar con el mapa del sistema de direcciones. En el esquema operativo de ArcView, este mapa debe estar contenido en un Tema de Referencia denominado como “de Índices de Geocodificación” (de aquí en adelante referido sólo como TRÍG). Para la base de datos anterior no se cuenta con el TRÍG sobre el cual realizar la geocodificación.

En esta circunstancia, ArcView permite generar dicho tema, ya sea que éste haga posible la ubicación exacta de los puntos o sólo aproximada. Lo primero es posible si la generación del TRÍG se realiza sobre una segmentación (dinámica) preparada con ArcInfo. En este caso, la colocación precisa de los puntos se realiza con base en su distancia (o cadenamiento) a lo largo de las rutas o carreteras. Lo segundo es la única alternativa si la segmentación fue preparada con ArcView, como es la situación en este trabajo. En este último caso, ArcView basa la generación del TRÍG en la ubicación de cada uno de los segmentos en la segmentación utilizada. Por lo tanto, en la Tabla de Atributos del tema de esta segmentación debe existir un identificador único para cada segmento. Asimismo, en el archivo de puntos a geocodificar, cada punto debe tener el identificador único del segmento en el que se localiza.

Al realizarse la geocodificación de un archivo de puntos con base en el TRÍG generado de la manera antes descrita, ArcView coloca cada punto en el centro del segmento en el que se localiza.

Por esta razón y con el fin de obtener la geocodificación más exacta permitida por las segmentaciones preparadas, se seleccionó la segmentación a nivel de segmentos de 500 metros (la más fina elaborada) para generar el TRÍG correspondiente y posteriormente geocodificar la base de datos de accidentes.

Como salida de la geocodificación de un archivo de puntos se genera un nuevo tema, el cual, al ser activado, muestra la representación geográfica de los puntos. La Tabla de Atributos de este tema es el mismo archivo de puntos geocodificado, adicionado con una serie de campos que califican qué tan bien ubicó ArcView cada uno de los puntos en el TRÍG (Av_add, Av_status, Av_score, etc.). El tema generado es un archivo que sigue el formato de datos espaciales de ArcView ("shapefile"). Por esta razón, en el caso de la geocodificación de la base de datos ACCIDENTES, el tema resultante obtenido, a pesar de haber sido generado sobre la vista de segmentos de 500 metros, pueden ser copiados y representados en la vista de la segmentación correspondiente a los otros tres niveles (por rutas, por carreteras y por tramos) con resultados y potencialidades similares.

La figura 2.6 ilustra el tipo de representación que se genera al activar en la vista de la segmentación por tramos, el tema que se produce al realizarse la geocodificación del archivo ACCIDENTES. ArcView dio automáticamente a este tema el nombre GEOACCIDENTES.

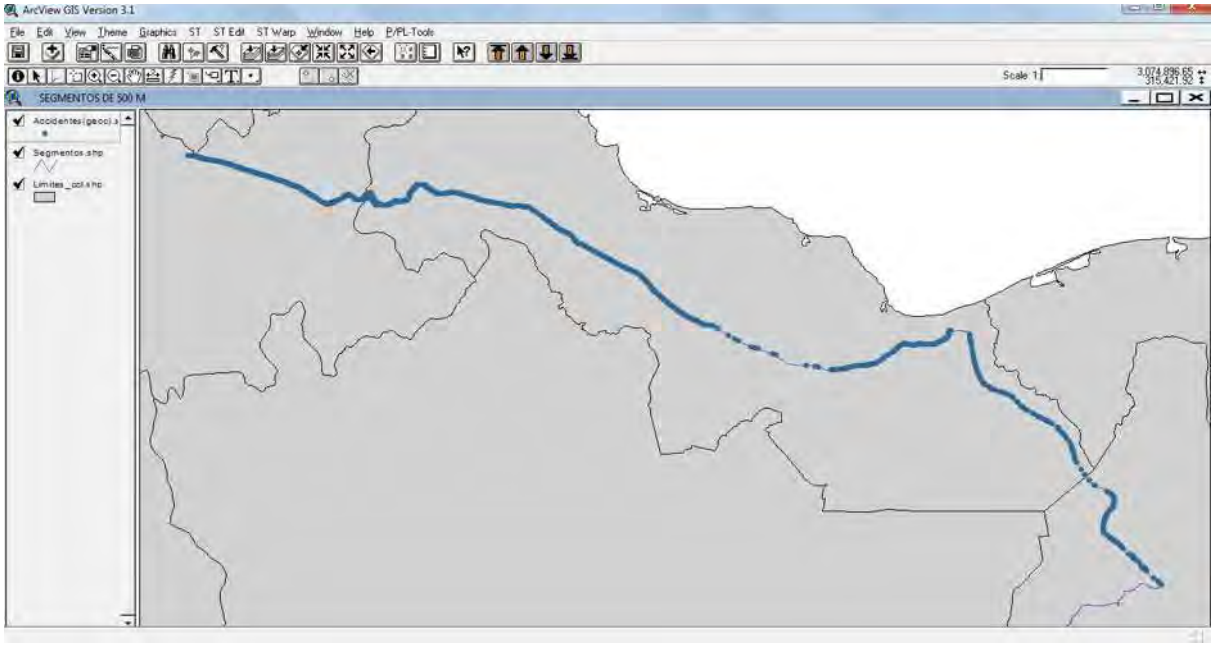


Figura 2.6. Geocodificación del Archivo Accidentes.

Las ventajas obtenidas de la geocodificación del archivo anterior residen en que con ella, los datos contenidos son ingresados al sistema, pudiendo ser analizados, consultados o representados geográficamente, como aquéllos contenidos en cualquier otro tema de cualquier vista del proyecto.

2.2 OBTENCIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS.

A continuación se muestran, consecutivamente, algunas de las representaciones y resultados que pueden generarse a partir del sistema desarrollado. Primero se presentan algunas alternativas de diseño de vistas o representaciones, con base en la información de aforos y composición vehicular. Después se muestran algunos resultados (valores, vistas, etc.) obtenidos a partir de herramientas específicas de ArcView para realizar consultas y resolver problemas [Ref. 2.3], utilizando en este caso la información de accidentes fundamentalmente. Las alternativas de ambos tipos que el sistema permite generar no se limitan de ninguna manera a las que se presentan, sino que sólo se muestran algunas de las que se consideran de mayor relevancia según la información que se maneja en este trabajo.

2.2.1 ALGUNAS ALTERNATIVAS DE REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE AFOROS Y COMPOSICIÓN VEHICULAR.

2.2.1.1 A NIVEL DE TRAMOS.

A la vista correspondiente a la segmentación por tramos de la Red del Corredor Mesoamericano del Pacífico, se le vinculó la información de aforos y clasificación vehicular de la DGST de la SCT, procediéndose a la elaboración del mapa (o vista) mostrado en la figura 2.7 mediante el editor de títulos de ArcView ("Legend Editor"). En ésta, los aforos (TDPA) circulantes por los diferentes tramos son representados mediante líneas de cualquiera de 5 anchos distintos dependientes de la magnitud del TDPA. Cada uno de los 5 anchos considerados corresponde a cada uno de los 5 rangos de TDPA indicados en la Tabla de Contenidos, a la izquierda del mapa.

Dichos rangos fueron definidos de manera automática por ArcView con base en los valores mínimo y máximo de TDPA registrados en los tramos (2,667 y 27,629 respectivamente) y las 4 posiciones de la lista ordenada de tramos por jerarquía creciente de TDPA en las que se presentaron los saltos o cambios más fuertes de TDPA ("Natural Breaks"). En la vista también se identifican 3 tramos de acuerdo con sus indicadores (70007513, de la carretera Tapanatepec-Talismán; 300048504, de la carretera Puebla-Córdoba (cuota); y 70007705, de la carretera Las Choapas-Ocozocoautla (cuota)), correspondientes a los niveles alto, medio y bajo de TDPA respectivamente según el rango de valores registrados para este parámetro dentro del conjunto de todos los tramos. Para estos tramos, sobre la misma vista, se indican tabularmente sus valores de TDPA y porcentajes de composición vehicular (A, B y C) así como una gráfica de columnas que compara estos porcentajes entre los tres tramos.

A partir de esta última información es evidente que no existen grandes variaciones en los porcentajes de composición vehicular para los diferentes niveles de TDPA de los 3 tramos considerados.

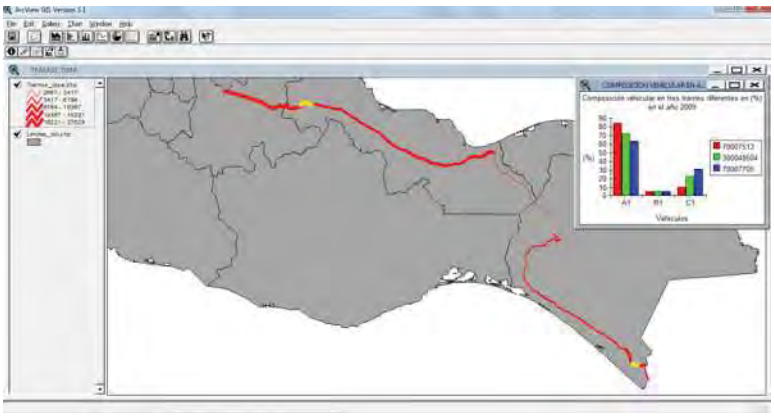


Figura 2.7. TDPA y Porcentaje de Composición Vehicular en Tres Diferentes Tramos que Pertenecen a la Red del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

2.2.1.2 A NIVEL DE CARRETERAS.

La figura 2.8 muestra el resultado de la vinculación de la información de aforos y clasificación vehicular, pero ahora a la vista correspondiente a la segmentación por carreteras. Con el fin de ilustrar las alternativas de representación geográfica de un cierto tipo de información que permite ArcView, en este caso los aforos promedio (TDPA) en las distintas carreteras son representados mediante líneas de color (de un mismo ancho) de cualquiera de 5 diferentes tonalidades dependientes de la magnitud del TDPA. Cada una de estas 5 tonalidades corresponde a cada uno de los 5 rangos de TDPA indicados en la Tabla de Contenidos del mapa elaborado. En este caso, los 5 rangos fueron definidos automáticamente por ArcView de acuerdo con los mismos principios antes indicados para el caso de los tramos. Con el fin de presentar información más específica sobre los valores de los aforos promedio en las distintas carreteras, éstos se proporcionan para las carreteras para las que tales valores no se empalmaron en la vista. Sobre el mapa se muestran también los datos específicos de aforo y composición vehicular para una carretera seleccionada (La Tinaja-Cosoleacaque (cuota), con identificador 30144).

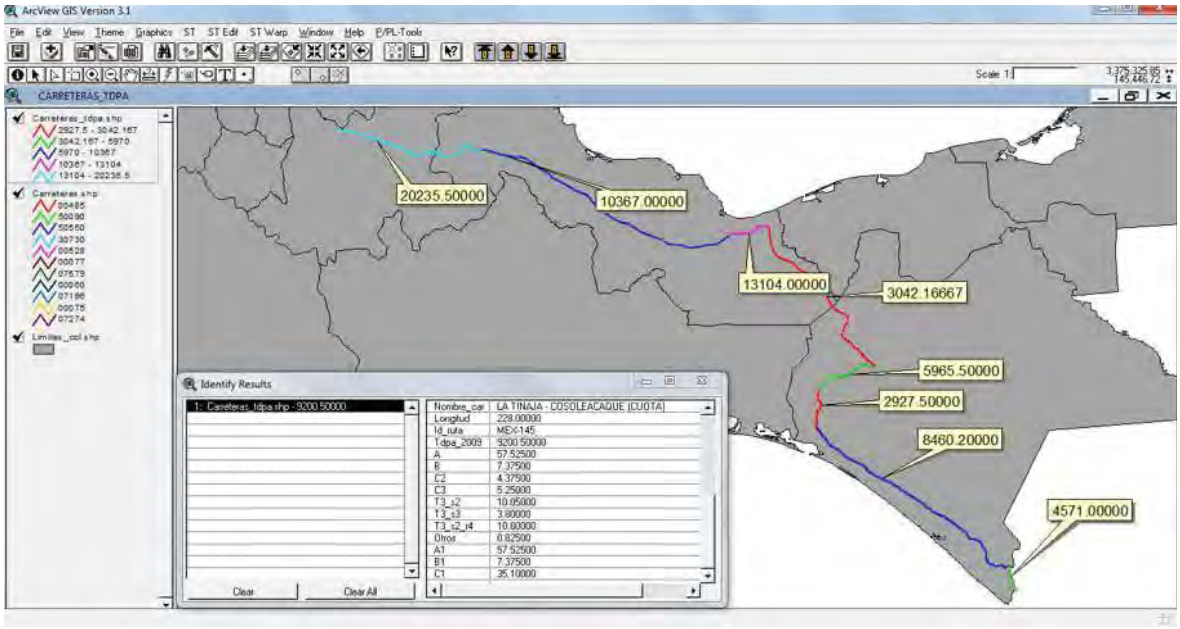


Figura 2.8. Información de Aforo (TDPA) y Clasificación Vehicular, Correspondiente a la Segmentación por Carreteras.

2.2.1.3 A NIVEL DE RUTAS.

La figura 9 presenta información similar a los dos casos anteriores, pero ahora para la vinculación de la información de aforos y clasificación vehicular a la vista correspondiente a la segmentación por rutas. En la vista o mapa elaborado en este caso, los aforos promedio (TDPA) y los porcentajes de automóviles (A1), autobuses (B1) y camiones (C1) en las diferentes rutas son representados mediante gráficas de "pastel". En éstas, el tamaño (área) del "pastel" es proporcional a la magnitud del TDPA y el ángulo de las "rebanadas" a la magnitud del flujo de los 3 tipos de vehículos considerados. De manera similar a lo señalado para algunos tramos anteriormente, los ángulos de las rebanadas indicaron que la composición vehicular no tiene variaciones significativas entre las distintas rutas. También en este caso se proporciona información más específica sobre los aforos promedio en las rutas para las que tales valores no se empalmaron en la vista. El cuadro inferior izquierdo del mapa muestra los datos específicos de la fracción de la Ruta MEX-187D (Las Choapas – Ocozocoautla (cuota)).

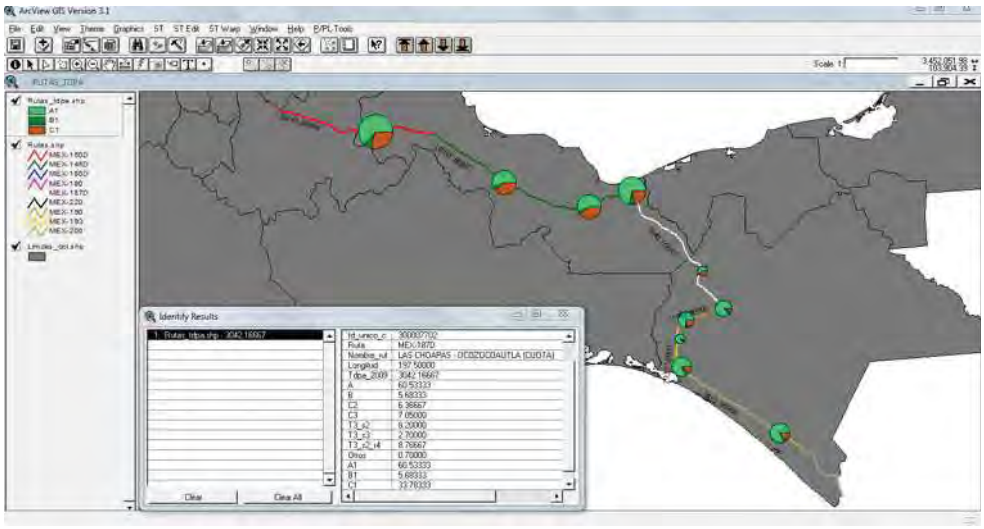


Figura 9. Información de Aforos (TDPA) y Clasificación Vehicular Correspondiente a la Segmentación por Rutas

La información de aforos y clasificación vehicular también fue vinculada a la vista correspondiente a la segmentación por elementos de 500 m. Dado que esta vinculación se basó en la información de aforos y clasificación vehicular a nivel de tramos (a todos los segmentos de 500 m de un tramo se les puso la misma información del tramo), la vista generada para representar esta información resultó igual a la antes obtenida para los tramos. Por esta razón no se presenta esta vista o mapa, aunque esta vinculación será utilizada más adelante.

2.2.2 VEHÍCULOS – KILÓMETRO RECORRIDOS.

Este primer valor de interés fue obtenido de realizar un conjunto de operaciones aritméticas sobre todos los segmentos de 500 m de este tipo de segmentación. Dichas operaciones consistieron en la multiplicación del TDPA por la longitud de ArcView de cada segmento y el almacenamiento de los valores así obtenidos en un nuevo campo de la Tabla de Atributos de esta segmentación (denominado V_kilometro), siendo estos últimos posteriormente sumados para obtener el resultado deseado. Estas operaciones se realizaron utilizando las herramientas de creación y definición de campos nuevos (“Add Field” del menú “Edit”) y suma de valores en un campo (“Statistics” del menú “Field”) de la Tabla de Atributos de temas del sistema.

Se obtuvo que por las Carreteras Federales del Corredor Mesoamericano del Pacífico se generan un promedio de 10,116,434 vehículos-kilómetro por día.

2.2.3 SITIOS DE MAYOR OCURRENCIA DE ACCIDENTES.

La identificación de estos sitios puede realizarse con base en las 4 segmentaciones de la Red preparadas (por rutas, por carreteras, por tramos y por segmentos de 500 m). Debido a que este tipo de identificaciones son más útiles entre más puntualmente sean realizadas (por hacer así mejor referencia a ubicaciones y problemas más específicos), enseguida se presentan algunas alternativas para ellas, considerando sólo las segmentaciones por tramos y por segmentos de 500 m. Cabe señalar, sin embargo, que el sistema de consultas de ArcView permite realizar análisis similares para los otros dos niveles de segmentación.

2.2.3.1 A NIVEL DE SEGMENTOS DE 500 m.

Fue posible contabilizar el número de accidentes en cada segmento de 500 metros a partir de la Tabla de Atributos del tema GEOACCIDENTES, así como los respectivos saldos de muertos y lesionados, utilizando las herramientas de ArcView para obtener estadísticas resumen de los valores de un campo de la Tabla de Atributos de un tema (“Summarize” del menú “Field”) con base en los distintos valores de otro campo tomado como referencia (en este caso, este último es el campo de identificadores únicos de los segmentos). Como resultado de estos procesos se obtuvieron dos tablas (una con el número de accidentes en cada segmento y la otra con los saldos correspondientes) que fueron consecutivamente vinculadas a la segmentación por segmentos de 500 metros, mediante la herramienta “Join”. A partir de los saldos de muertos y heridos, se calculó posteriormente el costo de los accidentes en cada segmento, utilizando costos promedio de 100,000 dólares por cada muerto y 3,000 por cada herido [Ref. 2.4]. Lo anterior fue efectuado, añadiendo un campo a la Tabla de Atributos del tema de la segmentación a nivel de 500 m para almacenar dicho costo, mediante la herramienta “Add Field” (del menú “Edit”) y posteriormente realizando la operación de cálculo correspondiente mediante la herramienta “Field Calculator” (del menú “Field”).

Con la información anterior, es posible clasificar los segmentos de acuerdo con una gran variedad de criterios para calificar su peligrosidad. Las posibilidades en este sentido incluyen el número de accidentes registrado en cada segmento, el costo de

los mismos así como sus correspondientes índices por vehículo-kilómetro. De todas estas posibilidades, para este tipo de segmentación se eligió generar las vistas correspondientes a la clasificación de los segmentos según los dos primeros criterios antes indicados (número y costo de los accidentes). Estas dos vistas normalizan la peligrosidad de los segmentos según la longitud, ya que ésta es la misma para casi todos los segmentos (500 m).

La Figura 10 ilustra la vista correspondiente a la clasificación de los segmentos según la frecuencia o número de accidentes ocurridos en ellos en 2009. Dicha clasificación fue realizada por ArcView de acuerdo con los 5 rangos de frecuencia indicados en la vista, definiendo éstos automáticamente de acuerdo con el método "Natural Breaks" ya mencionado. En la vista pueden identificarse con el color rojo más ancho, los segmentos que resultaron con mayor frecuencia de accidentes (29 ó más). Como la información espacial de esta vista fue obtenida con GPS, estos mismos sistemas pueden utilizarse para identificar esos segmentos en campo con toda precisión. Asimismo, se distingue que casi todos los segmentos del tramo T. Izq. Orizaba-Córdoba (300048504) de la Ruta MEX-150D, caen dentro de los rangos de mayor peligrosidad de acuerdo con este criterio.

Las vinculaciones de los archivos de saldos efectuadas sobre esta segmentación permitieron determinar que en 2009, en la Red del Corredor Mesoamericano del Pacífico, ocurrieron 3019 accidentes, generando saldos de 110 muertos, 1792 lesionados y 16 millones de costo total.

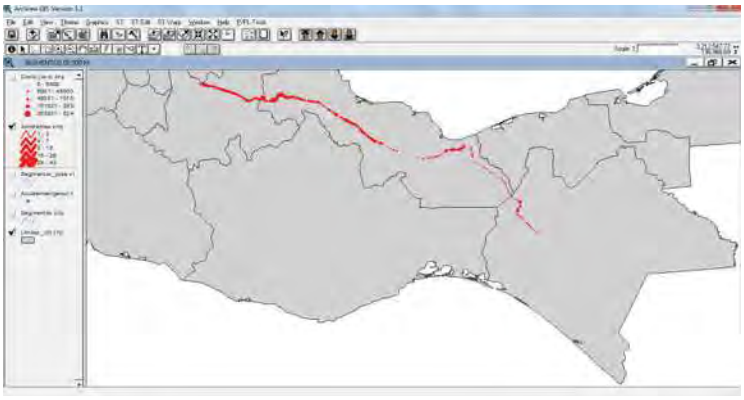


Figura 10. Vista Correspondiente a la Clasificación de los Segmentos Según la Frecuencia o Número de Accidentes Ocurridos en Ellos en 2009

La figura 11 ilustra la vista generada para la clasificación de los segmentos según el

criterio del costo de los accidentes ocurridos en ellos. Se observa un comportamiento similar al del análisis según frecuencia de los accidentes. Resalta aún más, según este criterio, la peligrosidad de los segmentos del tramo T. Izq. Orizaba-Córdoba.

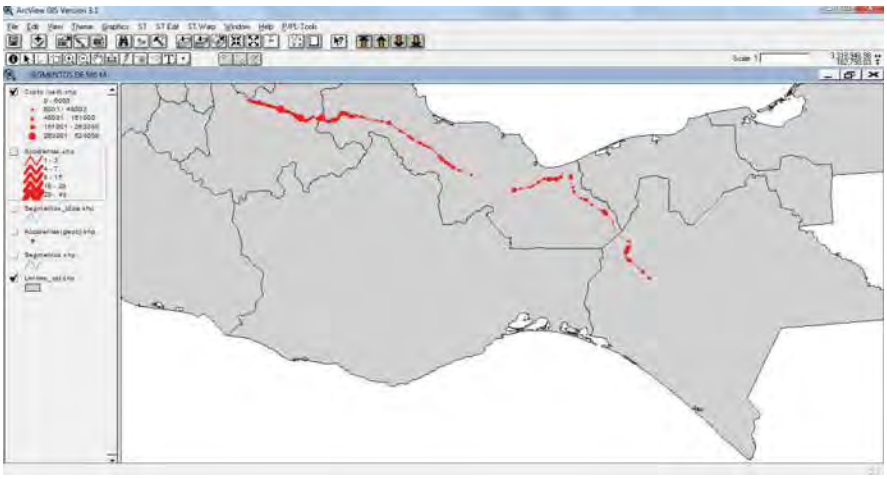


Figura 11. Vista Generada para la Clasificación de los Segmentos Según el Criterio del Costo de los Accidentes Ocurridos en Ellos en 2009

2.2.3.2 A NIVEL DE TRAMOS.

Con base en los saldos de accidentes, muertos, heridos y costos, contenidos en la segmentación por segmentos de 500 metros, fue posible generar una tabla que contabilizara esos mismos conceptos pero ahora a nivel de tramos. Lo anterior fue realizado utilizando la herramienta "Summarize", tomando como referencia el campo de identificadores únicos de los tramos en que se encuentran los segmentos. Esta tabla fue posteriormente vinculada a la segmentación por tramos mediante la herramienta "Join", tomando como referencia ahora el identificador de cada tramo.

La información anterior vinculada, permitió generar los índices por vehículo-kilómetro correspondientes. Para esta segmentación se prefirió la obtención de este tipo de índices en vez de valores no normalizados, con el fin de tasar la ocurrencia de accidentes y sus consecuencias en términos de la longitud y el nivel de tránsito de cada tramo, ya que estos parámetros son muy variables entre tramos.

Las cifras de vehículos-kilómetro para cada tramo fueron generadas de la misma manera como ya se indicó para el caso de los segmentos, utilizando las herramientas

de creación y definición de campos nuevos (“Add Field”) y suma de valores en un campo (“Statistics”) de la Tabla de Atributos de temas.

Una vez calculados los índices anteriores más relevantes, se procedió a elaborar la vista correspondiente mediante el editor de títulos de ArcView (“Legend Editor”). Dichas vista se ilustra en la Figura 12. La vista clasifica los tramos de acuerdo con 5 diferentes rangos del índice de accidentes por vehículo-kilómetro, permitiendo la identificación de los más peligrosos según este criterio (con dicho índice igual o mayor a 95).

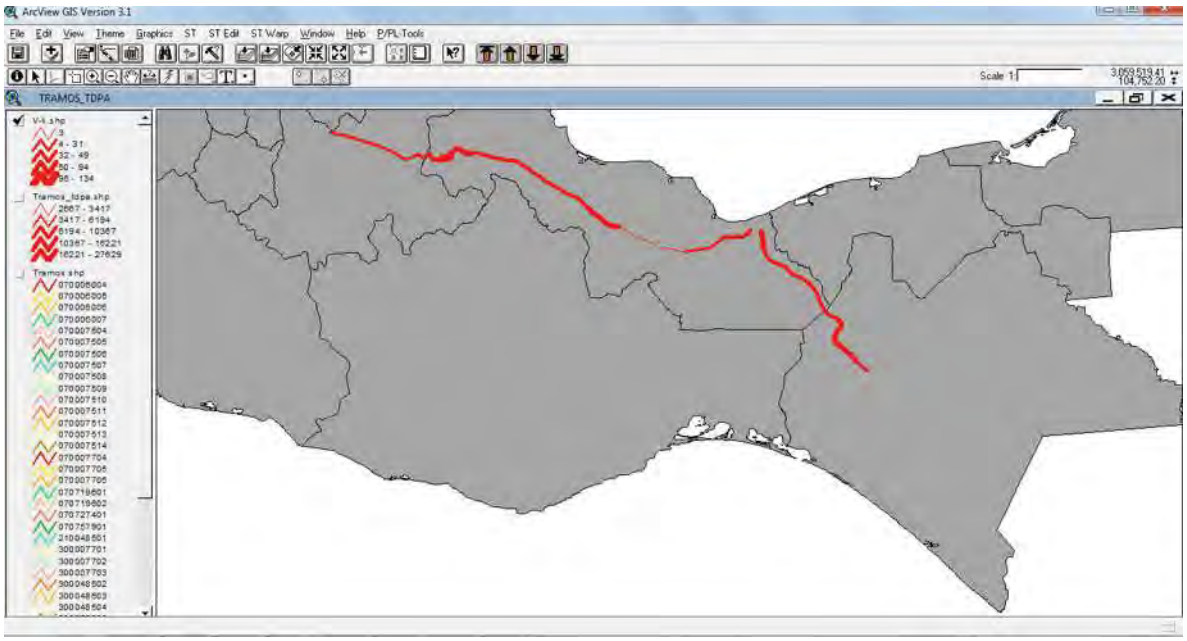


Figura 12. Clasificación de los Tramos de Acuerdo con 5 Diferentes Rangos del Índice de Accidentes por Vehículo-Kilómetro.

3 INSPECCIÓN DE CAMPO Y REDUCCIÓN DE DATOS.

El propósito de las calificaciones por estrellas del IRAP es de proveer una metodología para Calificar la Seguridad Vial (CSV), es evaluar cómo la infraestructura vial contribuye a la ocurrencia de lesiones fatales o graves de los usuarios de las vías. El protocolo del IRAP se ha desarrollado para evaluar el nivel de riesgo relevante para los ocupantes de vehículos, peatones, ciclistas y motociclistas en vías urbanas, semiurbanas y rurales.

IRAP también ha desarrollado un conjunto de herramientas para usar datos derivados de la inspección a fin de identificar esquemas prioritarios que mejoren la seguridad de redes viales que ayuden a tomar decisiones sobre inversiones. Las herramientas del IRAP generan puntajes de la CSV para todos los grupos de usuarios de las vías, usan datos derivados de la inspección para estimar el número de víctimas en una ruta, generar contramedidas y determinar mediante evaluaciones económicas el valor óptimo de los programas que mejoran la seguridad de la red.

En la mayoría de países de bajos y medianos ingresos, los datos sobre accidentes son inexactos o incompletos. Por lo tanto, no es posible utilizar los datos de accidentes para priorizar las acciones que deben tomarse en una red. IRAP ha elaborado herramientas basadas en la web para utilizar los datos derivados de la inspección vial para calificar las vías, generar contramedidas, estimar el número de víctimas, realizar una evaluación de las oportunidades de inversión y ayudar a los profesionales locales a diseñar esquemas que permitan mejorar la seguridad de la red vial.

Los elementos de una vía se califican y se combinan para reflejar la seguridad global de la infraestructura en un tramo de carretera, se toma en cuenta tanto la probabilidad de estar involucrado en un accidente como la gravedad potencial de las lesiones.

Se genera una Calificación de Seguridad Vial (CSV) para cada grupo de usuario de la vía que puede mostrarse en un mapa.

El proceso de la CSV de la metodología que IRAP utiliza para medir la seguridad de toda una red de carreteras puede dividirse en tres etapas principales, como se muestra en la Figura 3.1.

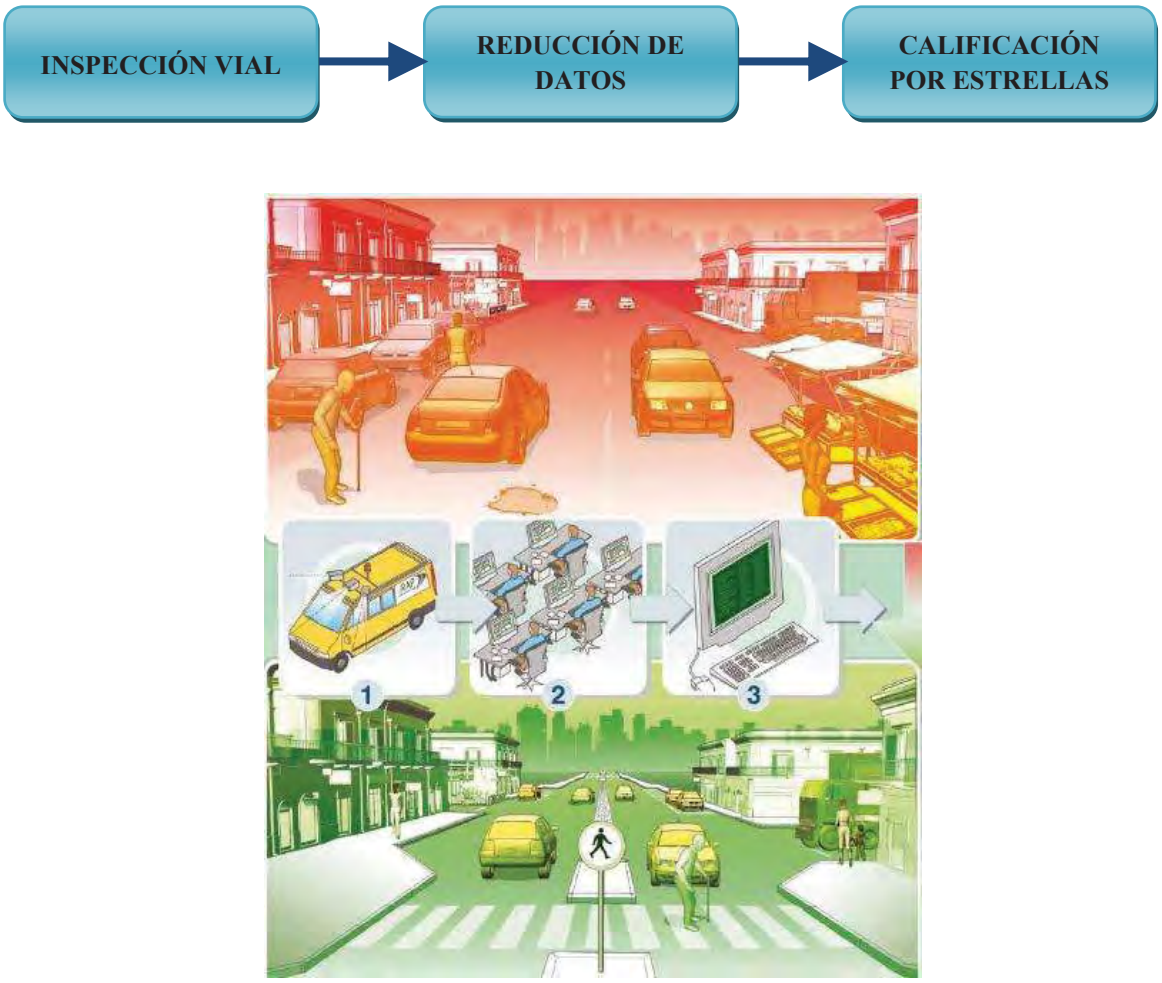


Figura 3.1. Etapas Principales del Proceso de la CSV de IRAP.

3.1 INSPECCIÓN VIAL.

Utilizando vehículos especialmente equipados, software y análisis altamente capacitados, IRAP lleva a cabo inspecciones de ruta detallada, centrándose en más de 40 elementos de diseño diferentes que se sabe que influyen en la probabilidad de un accidente vial y su severidad.

Estos elementos incluyen el diseño de intersecciones, cruce de carreteras y demarcaciones, peligros a los costados de la vía, senderos y carriles para bicicletas.

IRAP actualmente utiliza dos tipos de inspecciones viales: inspección visual desde el vehículo e inspección basada en video. El tipo de inspección que se realiza depende de la tecnología disponible, la complejidad de la red vial y el grado al cual un proyecto se centra en fortalecer la capacidad de las organizaciones interesadas.

3.1.1 INSPECCIONES VISUALES DESDE EL VEHÍCULO.

Las inspecciones visuales desde el vehículo requieren que los inspectores registren datos del diseño de las vías en una tableta especializada a medida que van conduciendo a lo largo de la vía. Este es un proceso técnico y requiere inspectores acreditados por el IRAP. Las inspecciones visuales desde el vehículo se usan especialmente cuando la longitud de la vía que se va a inspeccionar es corta o relativamente simple (como las vías rurales que no tienen otras vías adyacentes). En caso de que se requiera, durante un proyecto se puede capacitar al personal local para que se desempeñe como inspectores acreditados.

El equipo para realizar las inspecciones visuales incluye una cámara de video, una computadora portátil con pantalla táctil y una antena para el sistema de posicionamiento global (GPS, por su sigla en inglés). Luego de que se realizan las inspecciones visuales desde el vehículo, se analizan los datos y se verifica la calidad.

En las inspecciones visuales desde el vehículo se requieren al menos dos personas: la que conduce el vehículo y un pasajero que registra los elementos de la infraestructura vial a medida que se desplazan utilizando un Dispositivo de Inspección del RAP (RAPID, por su sigla en inglés), como se muestra en la Figura 3.2. Esta inspección es de naturaleza técnica y requiere que los inspectores sean acreditados por el IRAP.

Las inspecciones que utilizan el RAPID a menudo se utilizan en situaciones donde la red vial no es demasiado compleja, o resulta difícil o toma mucho tiempo importar un vehículo que esté equipado para realizar inspecciones basadas en video.

Figura 3.2. Dispositivo de Inspección de IRAP.

3.1.2 INSPECCIONES BASADAS EN VIDEO.

La inspección basada en video se realiza en dos fases:

1. Primero, un vehículo de inspección especialmente equipado registra imágenes de las vías a medida que recorre la red del IRAP.
2. Luego, el video es revisado por analistas o calificadores, quienes lo evalúan de acuerdo con protocolos del IRAP.

El vehículo de inspección puede registrar imágenes digitales de una vía (generalmente a intervalos de 5 a 10 metros) mediante una variedad de cámaras alineadas para captar tomas panorámicas de la vía (hacia adelante, al lado derecho, al lado izquierdo y hacia atras). La principal vista panorámica frontal se calibra para medir el ancho de la vía, el ancho del acotamiento y la distancia a los peligros laterales a la vía. Los vehículos transitan por la vía a una velocidad casi normal mientras recolectan esta información.

Las inspecciones basadas en video defieren de las inspecciones visuales desde el vehículo porque los datos primero se recolectan mediante video y luego los calificadores lo utilizan para registrar los elementos de la infraestructura vial.

El vehículo también está equipado con GPS lo cual permite correlacionar las imágenes por video con las ubicaciones precisas en la red vial. Los vehículos pueden desplazarse por la vía a las velocidades permitidas mientras se recopila esta información.

La inspección del Corredor del Pacífico, por donde pasan 95% de los productos que se comercializan en la región, fue llevada a cabo mediante este tipo de inspección por la empresa SEMIC usando su vehículo de inspección especialmente equipado, acreditado por IRAP.

Aspectos claves de la actividad de inspección:

- Se utilizó un vehículo de alto desempeño para obtener datos de video y GPS que cubran la red de carreteras seleccionadas. IRAP proporcionó un operador para el equipo de inspección.
- El vehículo de inspección fue contratado a la empresa SEMIC, los cuales fueron certificados para asegurar que se cumpliera con los requisitos necesarios para la implementación de IRAP y se usara un sistema propietario para la visualización de datos. El vehículo contó con un mínimo de 3 cámaras, GPS e información de las características geométricas y estado físico (IRI, profundidad de roderas, pendientes, etc.) de las carreteras utilizando un vehículo particular y un sistema para la visualización de datos.
- El vehículo fue marcado con los logotipos identificatorios de todos los interesados en el proyecto y los patrocinadores.
- Durante la inspección en México, se evaluaron, en una primera etapa como parte del Corredor Pacífico del proyecto Mesoamericano alrededor de 1,800 kilómetros de la red carretera mexicana, los cuales se dividieron de acuerdo a los tramos mencionados en el capítulo anterior.

En la Figura 3.3 se ilustran imágenes del vehículo y el equipo que se utilizó en la inspección vial.

Figura 3.3. Vehículo utilizado para la Inspección del Corredor Mesoamericano.

Para el protocolo de la CSV de IRAP las calzadas divididas y las calzadas no divididas se califican de manera diferente. Ello se debe a que las calzadas divididas se inspeccionan en ambos sentidos, mientras que las calzadas no divididas se registran en un solo sentido. Las calzadas divididas son aquellas que tienen una separación física de los flujos de tránsito que vienen en sentido contrario – divididas ya sea por una barrera o un ancho físico de mediana.

En una vía no dividida se tienen los siguientes elementos (Figura 3.4):

- La mediana es el elemento de la vía que separa los flujos de tránsito vehiculares que vienen en sentido contrario.
- Se utiliza el atributo "izquierdo" para registrar la distancia entre la superficie de rodado y el objeto de riesgo más cercano a la superficie de rodado que se encuentra a la izquierda.
- Se utiliza el atributo "derecho" para registrar la distancia entre la superficie de rodado y el objeto de riesgo más cercano a la superficie de rodado que se encuentra a la derecha.

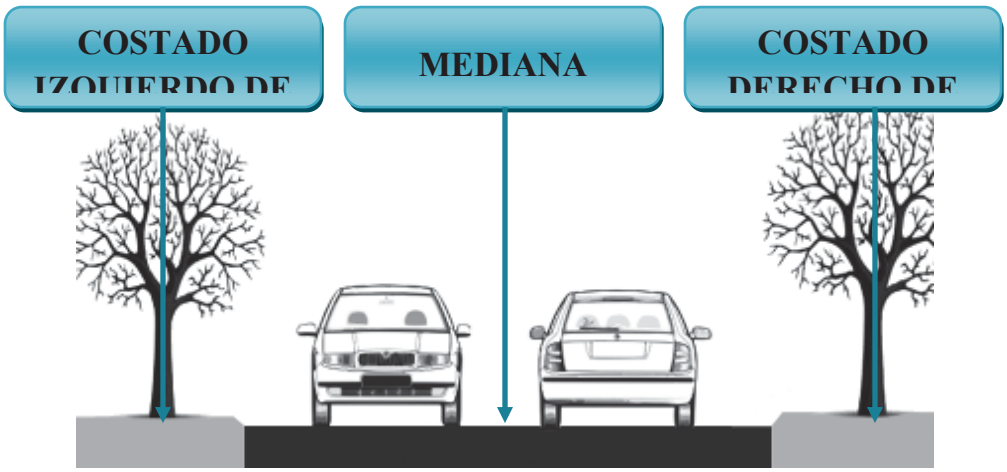


Figura 3.4. Vía No Dividida.

En una calzada dividida se tienen los siguientes elementos (véase la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**.5):

- La mediana es el elemento que separa los flujos de tránsito que vienen en sentido contrario. Por lo tanto, el ancho de una mediana debe registrarse

independientemente de la presencia o ausencia de objetos de riesgo presentes en esta.

- El atributo “izquierdo” se utiliza para registrar la distancia al objeto de riesgo más cercano a la izquierda desde el borde de la calzada que está siendo inspeccionada hasta el objeto.
- El atributo “derecho” se utiliza para registrar el objeto de riesgo más cercano a la derecha independientemente de si está en la mediana o en el otro lado de la vía. La distancia al objeto de riesgo se mide desde la derecha del borde de la calzada que está siendo inspeccionada hasta el objeto (incluso si estuviera en la calzada opuesta).

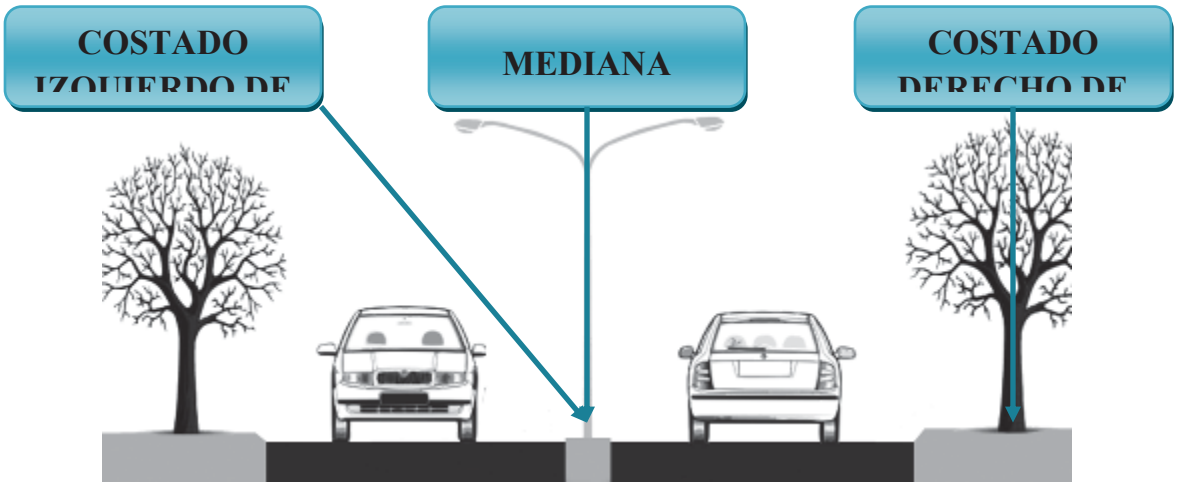


Figura 3.5. Vía Dividida.

Para ayudar a que los datos recolectados y calificados tengan un alto nivel de exactitud, se deben seguir los siguientes procedimientos:

- Se debe registrar el nombre del calificador que calificó los atributos. Esta información se incluye para ayudar a rastrear y corregir cualquier dato contradictorio.
- Un calificador debe ser responsable de un segmento de la vía. Esto ayuda a mantener la consistencia a lo largo de toda la vía.
- Se debe hacer una copia de seguridad de los datos de forma regular a lo largo del proceso de calificación.
- Luego de completar el proceso de calificación para cada tramo de vía, otro calificador debe revisar que los datos sean exactos y se debe corregir y tomar

nota de cualquier error o inconsistencia. El equipo de calificación debe revisar los errores encontrados a fin de que las calificaciones sean consistentes a lo largo de todo el proceso.

- Una muestra de los datos debe ser revisada por IRAP o por un equipo de calificación nombrado por IRAP para mantener la consistencia en todo el programa.

3.2 REDUCCIÓN DE DATOS.

Una vez que se ha concluido la inspección basada en video, cada elemento relevante del diseño se mide y se califica de acuerdo con los protocolos del IRAP. El proceso requiere hacer una secuencia de las imágenes de video para hacer una "película" de la red vial. Seguidamente, los calificadores hacen una inspección a nivel de escritorio al hacer un recorrido virtual de la red vial, a una velocidad apropiada para la carretera o mediante el análisis de cuadro por cuadro, dependiendo de la complejidad de la vía. Los calificadores utilizan un software especializado el cual permite que los analistas puedan medir con precisión elementos como el ancho de las vías, el ancho de los acotamientos y la distancia entre el borde de la vía y los peligros fijos como árboles o postes. Idealmente, las personas a cargo de estas inspecciones serán ingenieros jóvenes y personal técnico asignado al proyecto por las organizaciones interesadas.

La Figura 3.6 ilustra el software utilizado para calificar 40 atributos de las vías de acuerdo a los protocolos del IRAP.

Figura 3.6. Software Especializado para la Reducción de Datos.

La Figura 3.7 ilustra la secuencia de imágenes que ofrece el software para realizar el recorrido virtual de la red vial.

Figura 3.7. Secuencia de Imágenes del Software.

Una vez concluida la calificación, es posible elaborar un informe detallado de la condición de la red. El informe contiene información como el porcentaje de la red que tiene acotamientos pavimentados y la cantidad de ubicaciones con cruces peatonales adecuados.

Estos datos sirven de base para la Calificación por Estrellas y el Plan de Inversión para Vías Más Seguras. Para apoyar el proceso de calificación, IRAP ha elaborado un manual detallado de inspecciones viales que brinda protocolos y orientación sobre la evaluación de varios elementos de diseño de la vía. Debido a que el diseño de la vía puede variar considerablemente de un país al otro, IRAP a menudo adapta su manual de inspección estándar a las condiciones locales.

El proyecto IRAP incluye la evaluación de 40 atributos de la carretera y su entorno que influyen en el desempeño, servicio y seguridad de la misma. Esta actividad estuvo a cargo de IRAP, quien a través del IMT llevó a cabo el análisis y

supervisión de la información. La actividad incluyo la adaptación y traducción al español del Manual de Inspección de IRAP y la provisión de todos los materiales de la capacitación.

La actividad de evaluación se desarrolló de la siguiente forma:

- El proceso de análisis y reducción de datos se llevó a cabo por el IMT en coordinación con los involucrados en los grupos de trabajo establecidos para tal efecto.
- Incluyo 10 personas del IMT, auditores de seguridad vial. Se establecieron grupos de trabajo con la supervisión de un miembro del equipo IRAP.
- Equipo de cómputo y pantallas fue proporcionado por el IMT como parte del proyecto.
- Licencias del sistema para la visualización de datos fueron compradas como parte del proyecto y se asignaron al proyecto.

IRAP fue responsable de la coordinación del Equipo de Reducción de Datos, para la generación del "Archivo de Datos de Entrada IRAP" de conformidad con lo establecido en el Sistema de Calidad de IRAP.

El trabajo consistió en la evaluación de los atributos del entorno de la carretera que influyen en los resultados de seguridad, la preparación y realización de las actividades de calificación IRAP y la preparación de los archivos de datos de entrada IRAP, adecuados para el análisis con el software correspondiente.

3.2.1 ATRIBUTOS PARA LA REDUCCIÓN DE DATOS.

Los 40 atributos incluidos en este capítulo son obligatorios para los cálculos de la Calificación de la Seguridad Vial de IRAP. En caso de haber dos opciones de calificación en un tramo de 100 metros, se debe registrar el elemento de más alto riesgo. En este capítulo, las opciones de calificación se presentan en orden de mayor a menor riesgo.

Los atributos se dividen en los siguientes grupos:

- Flujos.

- Características de la vía.

- Geometría de la vía.

- Estado de la vía.

-Características de la intersección.

-Severidad.

3.2.1.1 FLUJOS.

-*Flujo de tránsito.*

Se registra el flujo de tránsito para cada tramo de vía. Esto es usado por el componente de estimación de víctimas mortales del modelo para convertir el riesgo individual al riesgo colectivo para autos y motocicletas.

El flujo de tránsito total se registra en TMDA (tránsito medio diario anual).

- Este debe incluir todos los vehículos motorizados
- El valor numérico deberá ingresarse para cada tramo de 100 metros.

-*Flujo de moto.*

El porcentaje de motocicletas se registra para determinar la mezcla de tránsito que permitirá estimar el número de muertes. Una motocicleta es un vehículo motorizado de dos ruedas. Incluye bicimotos, escúteres (scooters) y vehículos ligeros de tres ruedas. (Ver opciones de calificación Figura 3.8).

Cualquier dato adicional que se haya recolectado sobre el flujo de motocicletas se puede agregar durante la etapa de pre-procesamiento. Se deben registrar las proporciones generales de motociclistas en el flujo. El porcentaje de motocicletas debe permanecer igual hasta que se observe un cambio evidente en las proporciones.

Opciones de calificación:

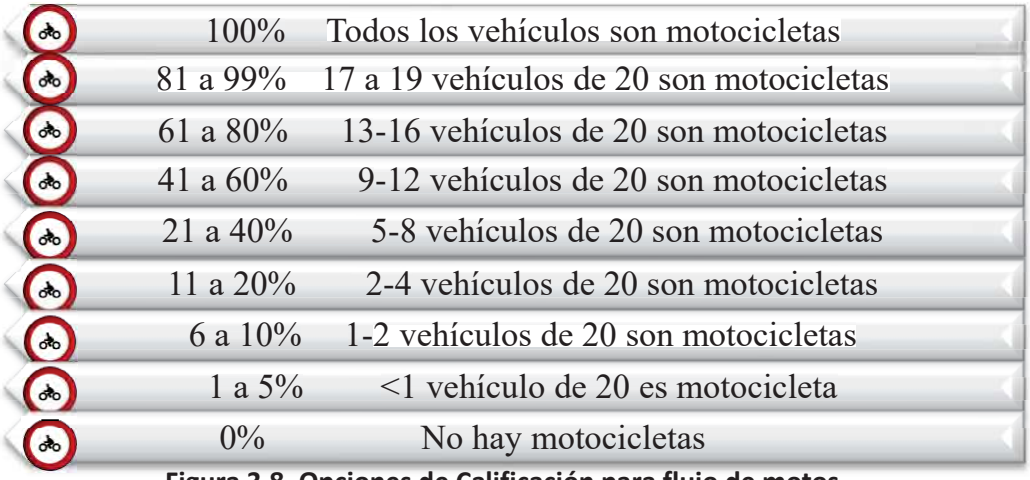


Figura 3.8. Opciones de Calificación para flujo de motos.

-Flujo de bicicletas.

Este atributo describe el volumen de bicicletas registradas en el video. Se deben registrar las proporciones generales de ciclistas en el flujo. El flujo de ciclistas debe permanecer igual hasta que se observe un cambio evidente en las proporciones. El flujo de bicicletas se normalizará según sea necesario durante el pre-procesamiento. (Ver opciones de calificación Figura 3.9).

Opciones de calificación:

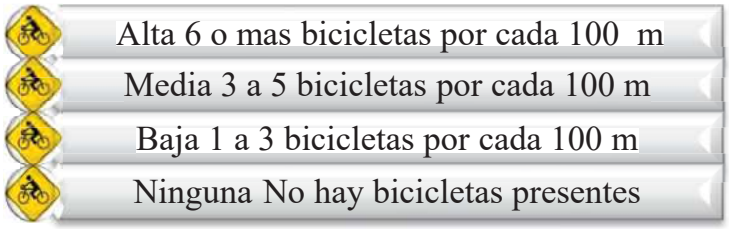


Figura 3.9. Opciones de Calificación para flujo de bicicletas.

-Peatones cruzando la vía.

El atributo “Actividad peatonal – Cruzando la vía” registra el flujo de peatones que se anticipa cruzará la vía diariamente. El proceso de calificación registrará la proporción de peatones que cruza la vía en cada tramo de 100 metros.

Estos datos se deben utilizar junto con los datos de uso del suelo y la información disponible localmente en la etapa de pre-procesamiento para obtener la cantidad de actividad peatonal. (Ver opciones de calificación Figura 3.10).

Opciones de calificación:

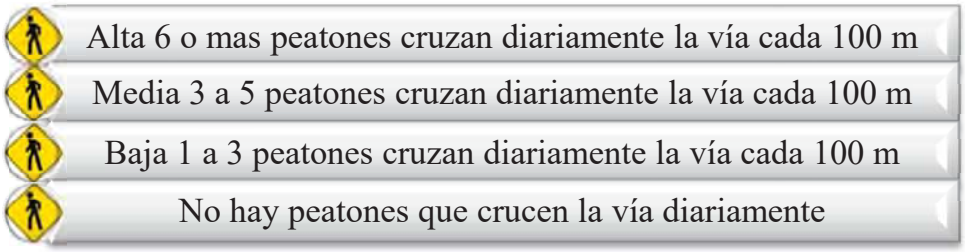


Figura 3.10. Opciones de Calificación para peatones cruzando la vía.

-Peatones a lo largo de la vía.

El atributo de "Actividad peatonal – Paralela a la vía" registra la actividad peatonal paralela a la vía que se anticipa diariamente. El proceso de calificación registrará la proporción de peatones que transitan la vía en cada tramo de 100 metros.

Estos datos serán utilizados junto con los datos de uso del suelo y la información disponible localmente en la etapa de pre-procesamiento para obtener la cantidad de actividad peatonal. (Ver opciones de calificación Figura 3.11).

Opciones de calificación:

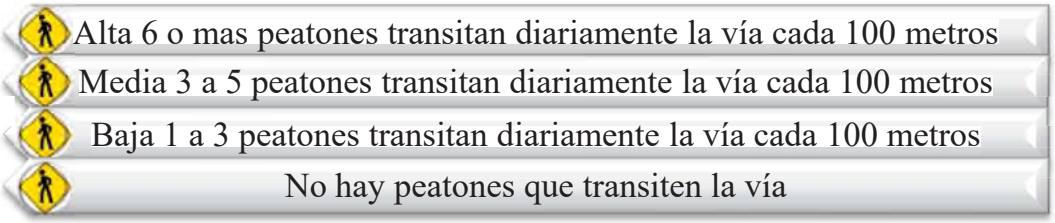


Figura 3.11. Opciones de Calificación para peatones a lo largo de la vía.

3.2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA.

-Etiqueta de calzada.

Cada tramo de vía requiere una etiqueta o rótulo de la calzada ya que las calzadas divididas se inspeccionan en ambos sentidos y la etiqueta se utiliza para distinguir los sentidos de las vías. Para vías de una sola calzada, la calzada se rotula como U (no dividida). Para vías divididas, cada calzada necesita ser rotulada como A (México hacia Panamá) para el primer sentido y B (Panamá hacia México) para el segundo, como se observa en la Figura 3.12.

Figura 3.12. Etiquetas de Calzada.

-Tipo de área.

El tipo de área registra el nivel de desarrollo lateral a través del cual pasa la vía. El desarrollo lateral debe estar cerca de la vía y no separada por una gran valla o pared. (Ver opciones de calificación Figura 3.13).

Opciones de calificación:

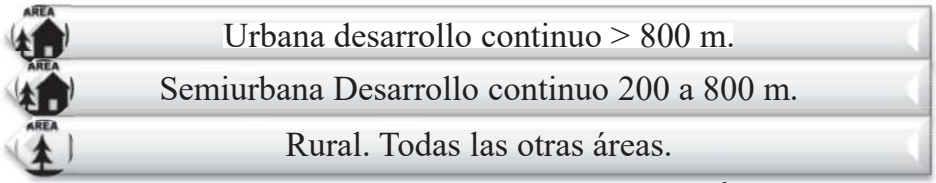
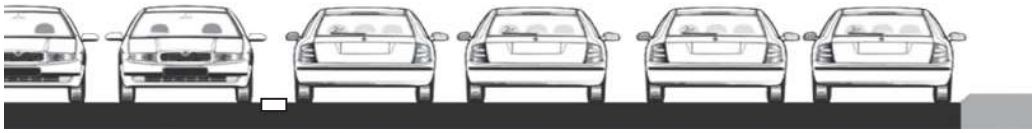


Figura 3.13. Opciones de Calificación para Tipo de Área.

-N° de carriles de tránsito principal.

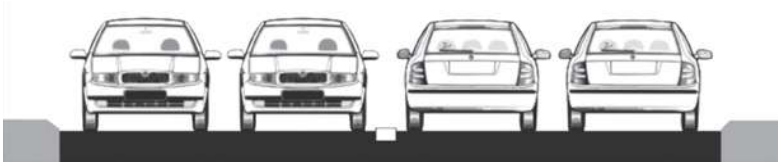
Número total de carriles en el sentido del tránsito. No se deben registrar los cambios en segmentos cortos de carretera (<400 m). No se deben registrar los carriles de giro ni los carriles auxiliares cortos. (Ver opciones de calificación Figura 3.14).

- Cuatro o más carriles en el sentido del tránsito.

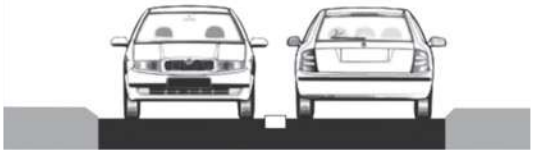


- Tres carriles en el sentido del tránsito.

- Dos carriles en el sentido del tránsito.



- Un carril en el sentido del tránsito.



- Otros/difiere

Cuando la vía no está dividida (no hay mediana fija), y el número de carriles en cada sentido difiere (por ejemplo, 2 carriles en un sentido, 1 carril en el sentido contrario).

Figura 3.14. Opciones de Calificación para N° de Carriles de Tránsito Principal.

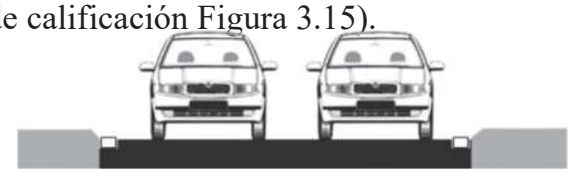
-Sentido de circulación.

El atributo de “Sentido de circulación” registra los sentidos en los que circula el tránsito. Una vía de un solo sentido es aquella en la que el tránsito fluye en una sola dirección. Una calzada dividida no se considera una vía de un solo sentido. Las vías de acceso (para intersecciones) se deben registrar como de un solo sentido.

Opciones de calificación.

- Tránsito en un solo sentido.

En la vía solo fluye el tránsito en un solo sentido y no hay indicios de una vía adyacente donde fluya el tránsito en sentido contrario. Las vías divididas no son vías de un solo sentido. Si se inspeccionan carriles de incorporación se deben registrar como de un solo sentido. (Ver opciones de calificación Figura 3.15).



- Tránsito en doble sentido.

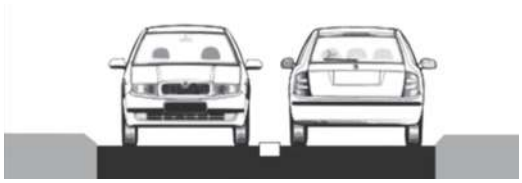


Figura 3.15. Opciones de Calificación para Sentido de Circulación.

-Límite de velocidad.

Se debe registrar el límite de velocidad real anunciado en números que aparece señalizado en la vía. Si no se señala el límite de velocidad, se debe usar la velocidad límite estipulada por la ley para ese tipo de vía. (Ver opciones de calificación Figura 3.16).

Opciones de calificación:

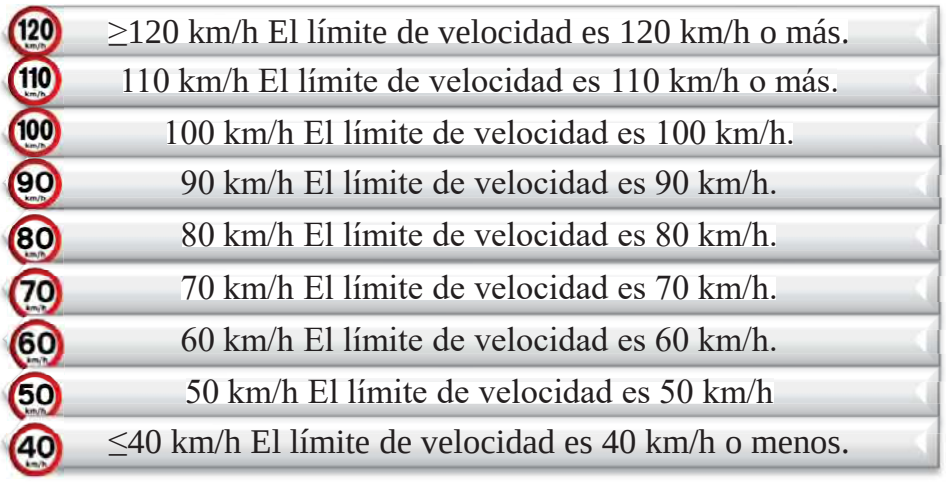


Figura 3.16. Opciones de Calificación para Límite de Velocidad.

-Ancho de carril de tránsito principal.

El atributo "Ancho del carril" es la distancia comprendida desde el centro de la demarcación del acotamiento hasta el centro de la demarcación del carril adyacente o de la demarcación divisoria central. Si la vía no tiene demarcaciones de acotamiento, se considera que un vehículo puede transitar hasta el borde de la superficie o el peligro más cercano. Si no hay líneas divisorias presentes, el ancho total de la superficie de la vía debe ser dividido entre el número de flujos de tránsito. (Ver opciones de calificación Figura 3.17).

Opciones de calificación:

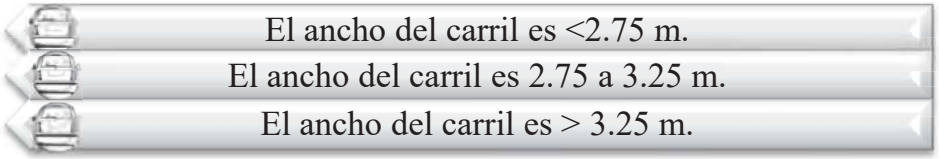


Figura 3.17. Opciones de Calificación para Ancho de Carril de Tránsito Principal.

-Ancho de acotamiento pavimentado.

El ancho del acotamiento pavimentado es el segmento de la vía que se extiende hasta la demarcación del borde. Se mide desde el centro de la demarcación del acotamiento hasta el borde del pavimento.

Si el pavimento comienza a resquebrajarse en un acotamiento, se deberá medir el ancho del acotamiento pavimentado hasta donde empiezan las grietas.

Los acotamientos pavimentadas y sin pavimentar se registran por separado. No se considera el acotamiento en la mediana de una calzada dividida.

Si la vía no tiene demarcaciones para un acotamiento, se considera que un vehículo puede transitar hasta el borde de la superficie o el peligro más cercano, como un auto estacionado (lo que aparezca primero). (Ver opciones de calificación Figura 3.18).

Opciones de calificación:

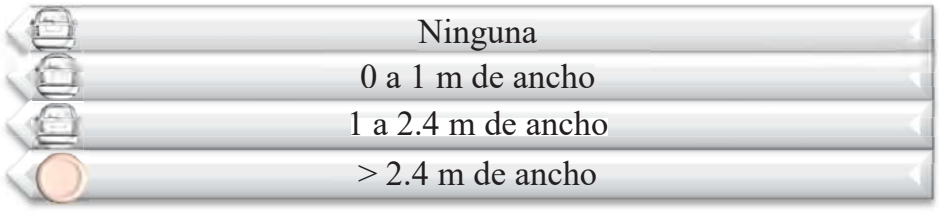


Figura 3.18. Opciones de Calificación para Ancho de Acotamiento Pavimentado.

-Ancho de acotamiento no pavimentado.

El acotamiento no pavimentado registra el espacio disponible para que los peatones transiten al costado de la calzada, no se trata de una acera o banqueta construida especialmente para peatones. Sólo se deben registrar las acotamientos no pavimentadas cuando son lo suficientemente plana, dura y sin obstáculos para que pueda ser utilizada por los peatones. El acotamiento en la mediana de una calzada dividida no se considera en la calificación.

En una calzada no dividida, si los acotamientos no pavimentados en el lado derecho e izquierdo de la calzada difieren en cuanto al ancho, utilice el ancho más angosto del acotamiento no pavimentada. (Ver opciones de calificación Figura 3.19).

Opciones de calificación:

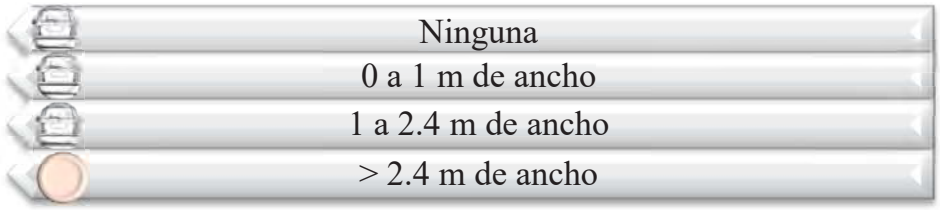


Figura 3.19. Opciones de Calificación para Ancho de Acotamiento No Pavimentado.

-*Bandas de estruendo.*

Las bandas de estruendo en acotamiento registran cualquier banda de estruendo importante a lo largo de una vía cuya función sea alertar a los conductores que están dejando la vía por el lado derecho de la cazada. Solo se deben registrar aquellas bandas de estruendo que tengan más de 30 cm de ancho y 5 cm de profundidad/altura aproximadamente. Las demarcaciones texturizadas no deben registrarse como bandas de estruendo. No se deben registrar aquí las bandas de estruendo de las líneas divisorias centrales. Las bandas de estruendo solo se encontrarán en acotamientos pavimentadas.

Opciones de calificación: Si hay o No hay.

-*Provisión de banqueta izquierda.*

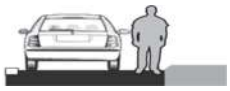
El atributo “Provisión de acera (banqueta) – Izquierda” registra la provisión de una acera en el lado izquierdo de la calzada. (Ver opciones de calificación Figura 3.20).

La provisión de aceras se basa en la distancia desde la acera hasta el carril más cercano y la presencia de una barrera vertical entre el tránsito vehicular y los peatones. Esta distancia se puede definir como el espacio desde la demarcación del borde del carril más cercano hasta el borde de la acera o banqueta peatonal.

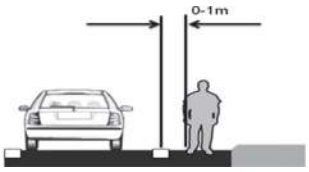
La barrera física deberá impedir que un vehículo que transita a la velocidad límite permitida invada la acera peatonal. Las cunetas (cordones o sardineles) no constituyen una barrera física. Solo se deben considerar las aceras construidas como tales; los senderos informales no se consideran aceras.

Opciones de calificación:

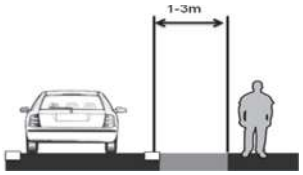
Ninguna. No se ha provisto una acera discernible



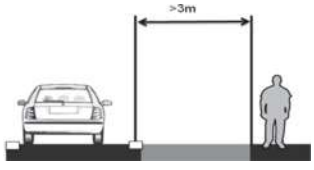
Separación no física del tránsito 0 a 1 m. La separación entre la acera y el pavimento de circulación es de menos de 1 m, incluyendo la acotamiento pavimentada, y no se ha provisto una barrera



Separación no física del tránsito 1 a 3 m. La separación entre la acera y el pavimento de circulación es de 1 a 3 m, y no se ha provisto una barrera



Separación no física de >3 m. La separación entre la acera y el pavimento de circulación es de al menos 3 m y no se ha provisto una barrera



Barrera física. Existe una barrera física que separa la acera del pavimento de circulación impide que un vehículo que transite a la velocidad límite permitida

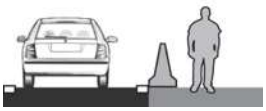


Figura 3.20. Opciones de Calificación para Provisión de Banqueta Izquierda y Derecha.

-*Provisión de banqueta derecha.*

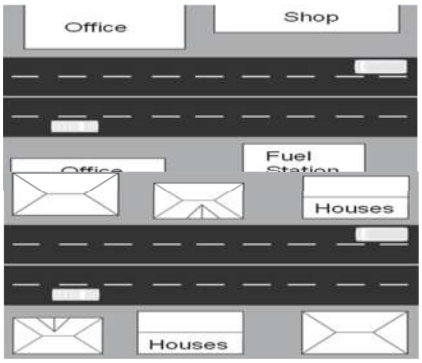
El atributo "Provisión de acera (banqueta) – Derecha" registra la provisión de una acera construida especialmente en el lado derecho de la calzada. Tiene las mismas opciones de calificación que la provisión de banqueta izquierda.

-*Uso de suelo derecha.*

El atributo "Uso del suelo" se utiliza para indicar la actividad peatonal que podría generarse al costado de la vía. Los atributos "Uso del suelo – Derecha" y "Uso del suelo – Izquierda" se registran por separado. Sólo se debe registrar el uso del suelo si pudiese tener un impacto en el flujo peatonal para la vía. Toda área con alta intensidad de actividad peatonal se debe registrar como 'comercial' incluso si la actividad comercial no es evidente en ese momento. (Ver opciones de calificación Figura 3.21).

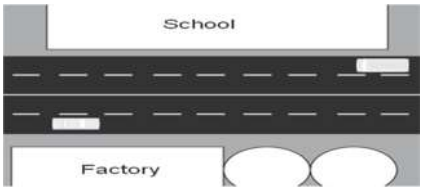
Opciones de calificación:

Comercial. Tiendas u otra actividad comercial, o áreas donde la alta intensidad de actividad peatonal es evidente.



Residencial. De viviendas

Otros usos que no sean comerciales ni residenciales. Usos que no puedan clasificarse como residenciales ni comerciales, tales como uso industrial o institucional del suelo



Área no urbanizada. Campo abierto sin tiendas, viviendas ni actividad industrial

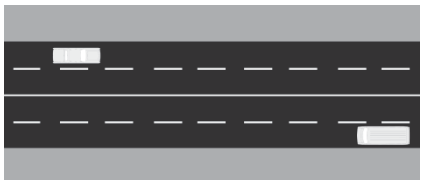


Figura 3.21. Opciones de Calificación para Uso de Suelo Izquierda y Derecha.

-*Uso de suelo izquierda.*

El atributo "Uso del suelo" se utiliza para indicar la actividad peatonal que podría generarse al costado de la vía. Tiene las mismas opciones de calificación que la provisión de banqueta izquierda.

-*Fricción lateral.*

La fricción lateral registra en qué medida las actividades que se desarrollan a los lados de la vía interfieren con el tránsito de esta, lo que incrementa el riesgo de los peatones involucrados en la actividad al costado de la vía, o hacen que los peatones cambien sus posiciones para evitar la actividad. La fricción lateral puede ocurrir cuando varios autobuses o taxis se detienen para ofrecer sus servicios en los lados de la carretera. (Ver opciones de calificación Figura 3.22).

Este atributo incluye el comercio a los lados de la vía, aparcamiento, parada de autobuses y cualquier tipo de invasión de la carretera. También puede reflejar una falta de definición de la separación entre el costado de la vía y la calzada.

Opciones de calificación:

Alta. Las actividades o el aparcamiento en ambos lados de la carretera invaden la vía

Media. Las actividades o el aparcamiento a un costado de la carretera invaden la vía.

Baja. Poca interacción entre las actividades al costado de la vía y el tránsito, ya sea porque el nivel de actividad es bajo o porque se han provisto facilidades, como vías de accesos paralelas a la vía principal

Figura 3.22. Opciones de Calificación para Fricción Lateral.

-*Ciclo vías.*

Las ciclo vías registran las vías construidas especialmente para ciclistas. Una barrera física deberá impedir que un vehículo que transita a la velocidad límite permitida invada la ciclo vía. Algunas ciclo vías pueden ser provistas contiguas a las aceras peatonales. (Ver opciones de calificación Figura 3.23).

Utilice los mismos códigos independientemente de sí la ciclo vía se encuentra a un lado o a ambos lados para vías no divididas. Sólo considere aquellas vías construidas especialmente para bicicletas.

Opciones de calificación:

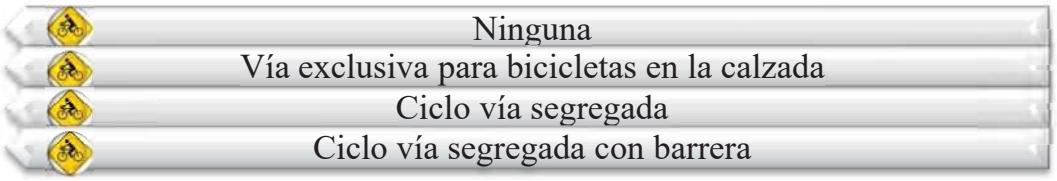


Figura 3.23. Opciones de Calificación para Ciclovías.

-*Vías para motos.*

El atributo “Vías para motos” registra la presencia de vías construidas especialmente para vehículos motorizados de dos ruedas. Esto incluye vías para motos completamente separados por medio de barreras, así como carriles exclusivos en la

calzada pero a un costado del tránsito normal. Para que la vía reciba el código de 'Vías para motos segregado con barrera', debe haber una barrera física que impida que los vehículos ingresen a la vía dedicada. (Ver opciones de calificación Figura 3.24).

Opciones de calificación:

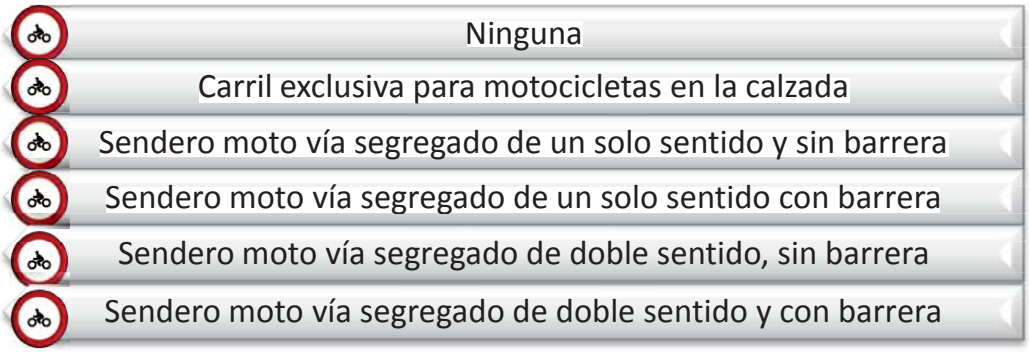


Figura 3.24. Opciones de Calificación para Vías para Motos.

-Límite de velocidad vía moto segregado.

Se debe registrar el límite de velocidad real anunciado en números que aparece señalizado en la vía. Si no hay una velocidad límite señalada en la vía, se debe utilizar la velocidad límite permitida para ese tipo de vía.

-Tipo de mediana sendero moto segregado.

El tipo de mediana registra la infraestructura vial que separa los flujos de tránsito de el tránsito principal y el de las motocicletas. Un sistema de contención obviamente defectuoso de la mediana hará posible que un vehículo lo sobrepase en caso de un impacto, por lo que la calificación de la mediana se hará como si no existiera barrera alguna. Ejemplos de este tipo son las barreras muy bajas, construidas con materiales de baja calidad, o barreras rotas, sin reparar o mal mantenidas.

Cuando hay una barrera de seguridad presente en la mediana, se debe registrar en "Tipo de mediana" y "Severidad lateral – Izquierda".

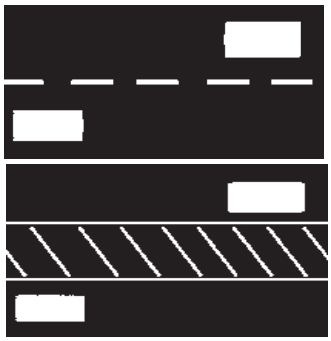
A menos que exista un objeto de riesgo frente a la barrera de seguridad, en este caso, la mediana sería la barrera de protección y la severidad lateral – izquierda sería la distancia al objeto.

-Tipo de mediana.

El tipo de mediana registra la infraestructura vial que separa los dos flujos de tránsito que vienen en sentido contrario. (Ver opciones de calificación Figura 3.25).

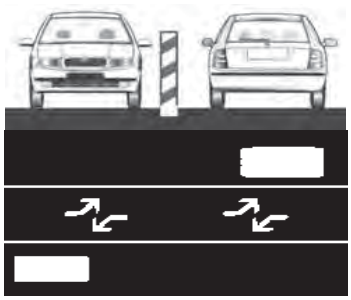
Opciones de calificación:

- Sólo línea divisoria central.



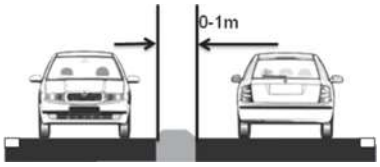
- Achurado central.

- Banda alertadora / postes flexibles.

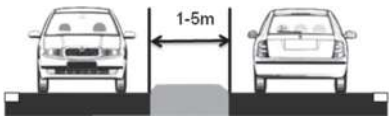


- Carril de giro central continuo.

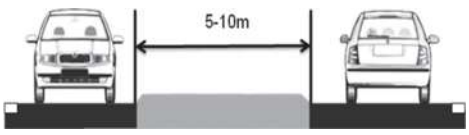
- Ancho físico de mediana, < 1 m.



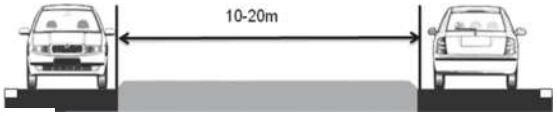
- Ancho físico de mediana, 1 a 5 m.



- Ancho físico de mediana, 5 a 10 m.



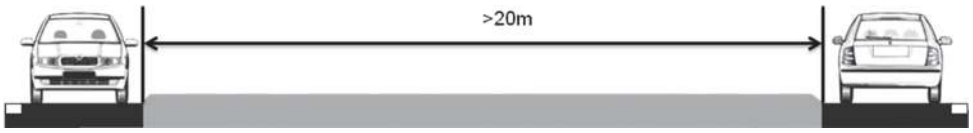
- Ancho físico de mediana, 10 a 20 m.



- Barrera de seguridad.

- Barrera de seguridad amigable a motocicletas.

- Ancho físico de la mediana > 20 m.



- No se aplica (un sentido).

Figura 3.25. Opciones de Calificación para Tipo de Mediana.

-Obras.

El atributo "Obras" registra si se están realizando obras de construcción o de vialidad importantes. (Ver opciones de calificación Figura 3.26).

Opciones de calificación:

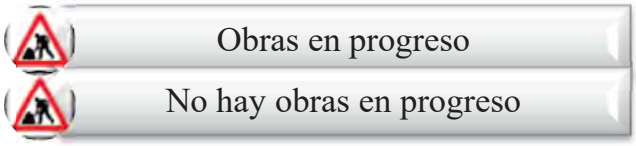


Figura 3.26. Opciones de Calificación para Vías para Obras.

3.2.1.3 GEOMETRÍA DE LA VÍA.

-*Curvatura.*

La curvatura registra el alineamiento horizontal de la vía. El alineamiento calificado se debe basar en la velocidad apropiada de aproximación/de marcha que sea segura para condiciones normales. El valor por defecto para la curvatura es “recta o ligeramente curva”; esto significa que cuando no hay una curva, se debe registrar “recta o ligeramente curva”. Califique cada curva desde el punto en que se inicia hasta el final de la curva. (Ver opciones de calificación Figura 3.27).

Opciones de calificación:

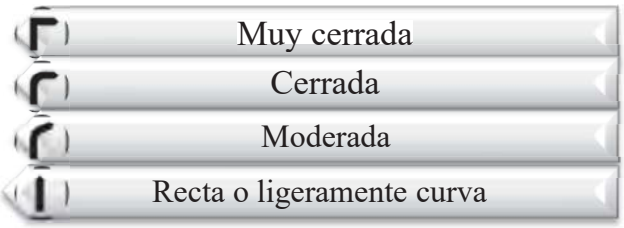


Figura 3.27. Opciones de Calificación para Curvatura.

-*Calidad de la curva.*

La calidad de la curva permite a los conductores juzgar fácilmente qué tan cerrada es una curva y si puede conducirse con seguridad. La calidad de la curva reflejará el grado al cual las señales y las demarcaciones ayudan al conductor a juzgar la curvatura correcta, y la distancia de visibilidad antes de la curva y al atravesar la curva.

Un indicio práctico podría ser si el conductor necesita ajustar la velocidad de forma abrupta o inesperada al llegar a una curva o dentro de ésta. Esto podría ocurrir incluso si se hubiese intentado advertir al conductor, mediante señales, que podría existir un riesgo adicional. La calidad de la curva debe calificarse como adecuada a menos que exista una deficiencia evidente. Si se tuviese que asignar el código ‘deficiente’, deberá seleccionarse desde el punto en que se inicia la curva hasta que ésta termina. (Ver opciones de calificación Figura 3.28).

Deficiente.

Se requieren ajustes de velocidad rápidos o

Adecuada.

Las señales, demarcaciones y distancia de

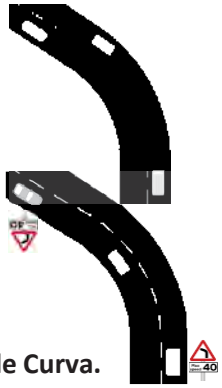


Figura 3.28. Opciones de Calificación para Calidad de Curva.

-*Variación del alineamiento vertical.*

El alineamiento vertical registra los cambios en la pendiente a lo largo del segmento de una vía. La reducción en las distancias de visibilidad sobre crestas es el principal indicador de un alineamiento vertical deficiente. Se considerará como plano un tramo constante, ya sea cuesta arriba o cuesta abajo, que tenga poca variación en cuanto a la pendiente. Se debe mantener el mismo código a lo largo de un segmento extenso de carretera. No se prevé que este código cambie en cada cresta o bajada individual. (Ver opciones de calificación Figura 3.29).

Opciones de calificación:

Crestas y columpios de importancia.

La geometría de la vía presenta cambios importantes en la pendiente de la rasante. Esto es evidente por los vehículos que no son visibles en una cima o badén por largos

Lomerío

La geometría de la vía tiene cambios moderados en la pendiente de la rasante. Esto es evidente por los vehículos que no son visibles en una cima o badén por cortos

Plana

La geometría de la vía es plana con poca o

Figura 3.29. Opciones de Calificación para Variación de Alineamiento Vertical.

3.2.1.4 ESTADO DE LA VÍA.

-Delineación.

La delineación registra los atributos de la vía que informan a los conductores sobre la condiciones de las vías para mantenerlos dentro de su carril y les alerta respecto al camino que tienen por delante. La delineación se basa en una combinación de los siguientes factores:

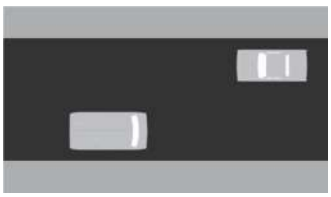
- Líneas de separación de sentidos
- Demarcaciones del borde
- Postes indicadores / delineadores
- Señalización

Cuando la delineación de una curva, intersección o cruce es deficiente, se debe registrar bajo el atributo correspondiente (calidad de la curva, calidad de la intersección o calidad del cruce) y la delineación debe considerar cualquier otra delineación presente en el tramo de 100 m. El atributo implica calificar la calidad de la delineación solo en condiciones diurnas. (Ver opciones de calificación Figura 3.30).

Opciones de calificación:

Deficiente.

Las señales de peligros o las demarcaciones centrales o laterales están ausentes o están en



Adecuada.

Las señales de peligros o las demarcaciones centrales o laterales están ausentes o están en malas condiciones durante segmentos largos

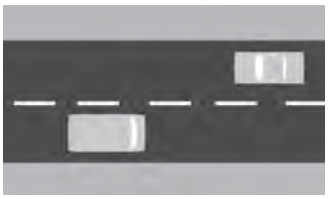


Figura 3.30. Opciones de Calificación para Delineación.

-*Condición del pavimento.*

La condición del pavimento registra su capacidad para proveer resistencia al deslizamiento y una superficie uniforme que no afecte de manera adversa la ruta del vehículo. (Ver opciones de calificación Figura 3.31).

Los defectos que se deben considerar incluyen aquellos que podrían causar una pérdida de control del vehículo o alteración de la trayectoria; algunos ejemplos son:

- Deformación – cualquier forma de ahuellamiento o desnivel que pudiera ocasionar inseguridad o incomodidad al conducir un vehículo
- Baches – cualquier hueco suficientemente ancho o profundo que pueda hacer que el vehículo tenga una fuerte sacudida o que traquetee.
- Defectos en los bordes – cualquier problema en el pavimento del acotamiento que se extienda al carril de circulación.
- Deficiencias en la textura de la superficie – incluye problemas como grava suelta, removida o dispareja que pudiera reducir la tracción de los vehículos en condiciones secas o mojadas.

Opciones de calificación:

Deficiente.

La vía tiene defectos graves que podrían tener un impacto frecuente o imprevisible en el

Regular.

Las señales de peligros o las demarcaciones centrales o laterales están ausentes o están en malas condiciones durante segmentos largos

Buena.

La vía tiene no tiene defectos o tiene muy pocos. No existe un impacto potencial en el control o trayectoria del vehículo

Figura 3.31. Opciones de Calificación para Condición del Pavimento.

3.2.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN.

-*Cruces peatonales.*

El atributo cruces peatonales registra la presencia de cruces peatonales construidos especialmente para ese propósito. (Ver opciones de calificación Figura 3.32). Los cruces peatonales deben registrarse independientemente de si se encuentran o no en una intersección. Si se encuentran en intersecciones, los cruces se deben registrar en el mismo punto para que luego puedan asociarse. Si hay dos cruces peatonales presentes en una intersección, sólo se registra uno.

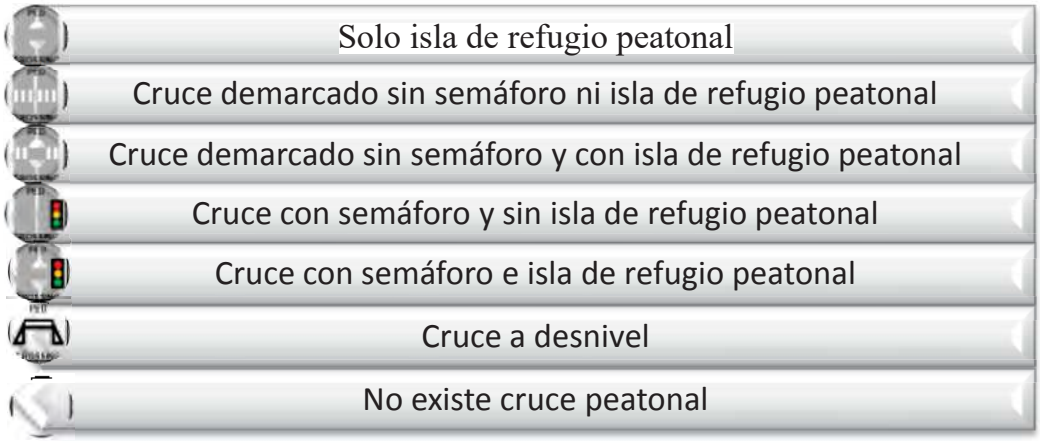


Figura 3.32. Opciones de Calificación para Cruces Peatonales.

-Calidad del cruce peatonal.

La calidad del cruce peatonal registra qué tan bien los conductores pueden ver el cruce o si hay señales de advertencia. Cuando se registra un cruce peatonal, se debe registrar la calidad de dicho cruce. Se debería evaluar si algunos conductores tienen que frenar abruptamente al notar el cruce demasiado tarde, o si no llegan a verlo en absoluto. (Ver opciones de calificación Figura 3.33). Los tres factores principales que deben considerarse al calificar la calidad del cruce son:

- Señalización
- Demarcación o cruce elevado
- Buena distancia de visibilidad.

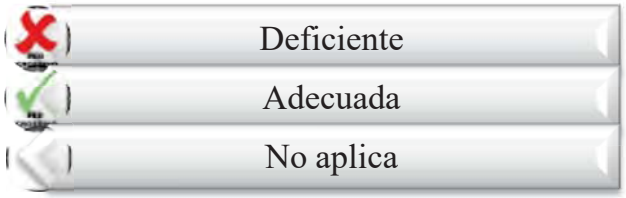


Figura 3.33. Opciones de Calificación para Calidad del Cruce Peatonal.

-Densidad de puntos de acceso.

Este atributo registra la densidad de los puntos de acceso secundarios dentro de las áreas urbanas y semiurbanas. Los puntos de acceso secundarios se refieren a los puntos de baja circulación donde los vehículos pueden ingresar o salir de la calzada. Esto incluye caminos de acceso a áreas comerciales y residenciales y vías de acceso secundario. La densidad de los puntos de acceso no se registra en áreas rurales. (Ver opciones de calificación Figura 3.34).

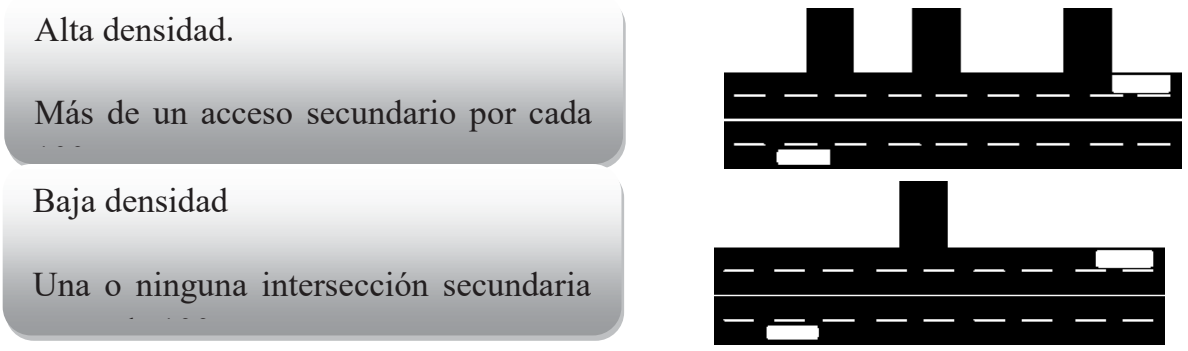


Figura 3.34. Opciones de Calificación para Densidad de Puntos de Acceso.

-Tipo de intersección.

El atributo "Tipo de intersección" registra la presencia y el tipo de intersecciones principales. (Ver opciones de calificación Figura 3.35).

Intersección de cuatro brazos sin semáforo ni carril de giro

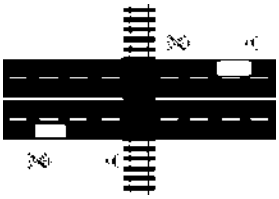
Intersección de cuatro brazos sin semáforo y con carril de giro

Intersección de cuatro brazos con semáforo y sin carril de giro

Intersección de tres brazos sin semáforo y sin carril de giro

Intersección de tres brazos sin semáforo sin giro a la izquierda

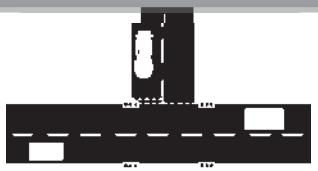
Cruce a nivel de ferrocarril



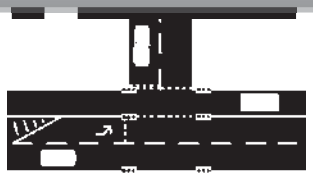
Intersección de cuatro brazos con semáforo y carril de giro

Intersección de tres brazos sin semáforo y con carril de giro

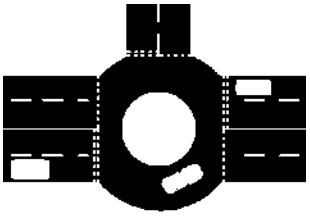
Intersección de tres brazos con semáforo y sin carril de giro



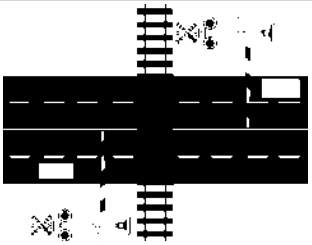
Intersección de tres brazos con semáforo y carril de giro



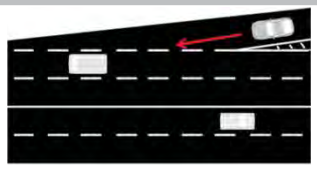
Rotonda



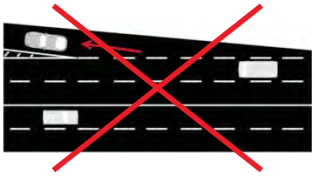
Cruce a nivel de ferrocarril – Activo



Carril de incorporación

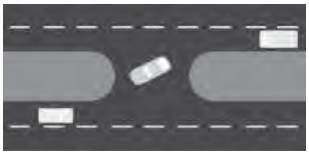


Los carriles de divergencia no se clasifican



Cruce de mediana – Informal

Cruce de mediana – Formal



Intersección Secundaria

Ninguna

Figura 3.35. Opciones de Calificación para Tipo de Intersección.

-Calidad de la intersección.

El atributo “Calidad de la intersección” representa la calidad del diseño de la intersección, las señales de advertencia anticipadas, la señalización y las demarcaciones.

Los factores que pueden conducir a una ‘mala’ calificación pueden incluir:

- Carriles de incorporación muy cortos
- Ángulos de desviación deficientes en las glorietas (se puede ingresar a la glorieta a altas velocidades)
- Falta de demarcaciones y señales anticipadas al llegar a la intersección lo cual hace que los conductores que se aproximan no puedan ver claramente la intersección (es decir, la distancia de visibilidad al acceso es limitada).

Si no hay intersección, registre la calidad de la intersección como “No hay intersección”. (Ver opciones de calificación Figura 3.36).

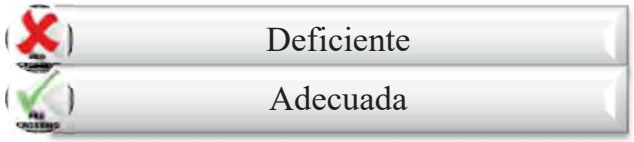


Figura 3.36. Opciones de Calificación para Calidad de la Intersección.

-*Volumen de tránsito en vía que intersecta.*

Se registra un estimado del volumen de tránsito en la vía que intersecta a la vía principal. (Ver opciones de calificación Figura 3.37).

Opciones de calificación:

Figura 3.37. Opciones de Calificación para Volumen de Tránsito de la Vía que Intersecta.

3.2.1.6 SEVERIDAD.

-*Severidad lateral ciclo vía segregada.*

El atributo “Severidad lateral – Ciclo vía segregada” registra el lado de la vía donde existen ciclo vías segregadas.

Cuando la vía empieza a ascender o descender gradualmente, se debe ajustar el estimado de la distancia efectiva al objeto para tomar en cuenta la pendiente. Para pendientes empinadas, se registra la distancia hasta la parte superior de la pendiente, considerando este punto como el lugar donde se encuentra un objeto de riesgo. Se debe registrar el riesgo más alto de los dos lados de la vía.

La parte posterior de una barra de protección estándar (postes de acero, etc.) debe considerarse como un objeto de riesgo. Los extremos peligrosos de las barreras de protección deben registrarse como obstáculos de riesgo.

-*Severidad lateral vía moto segregado.*

El atributo “Severidad lateral – Sendero moto vía segregado” registra el lado de la vía donde existen senderos moto vía segregados.

Cuando la vía empieza a ascender o descender gradualmente, se debe ajustar el estimado de la distancia efectiva al objeto para tomar en cuenta la pendiente.

Para pendientes empinadas, se registra la distancia hasta la parte superior de la pendiente, considerando este punto como el lugar donde se encuentra un objeto de riesgo.

Se debe registrar el riesgo más alto de los dos costados de la vía.La parte posterior de una barra de protección estándar (postes de acero, etc.) debe considerarse como un objeto de riesgo. Los extremos peligrosos de las barreras de protección deben registrarse como obstáculos de riesgo.

-*Severidad lateral derecha.*

El atributo “Calificación de la severidad lateral – Derecha” registra la distancia al objeto más cercano que podría ser impactado causando una lesión grave o mortal para los ocupantes de un vehículo.

Cada lado del segmento de la vía se calificará por separado. Un objeto de riesgo es cualquier objeto que podría ocasionar una lesión grave o mortal al ocupante de un vehículo. (Ver opciones de calificación Figura 3.38).

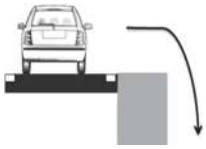
Estos incluyen:

- Rocas
- Postes no quebradizos y árboles de más de 10 cm de diámetro
- Barreras de puentes sin protección
- Extremos peligrosos de las barreras de seguridad, por ejemplo, extremo de cola de pato.

Opciones de calificación:

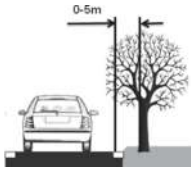
Precipicio.

Precipicio o peligro equivalente que podría causar la muerte independientemente de la velocidad a la que se conduzca



Distancia al objeto 0 a 5 m.

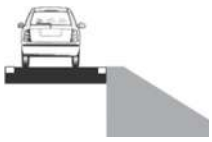
Los objetos de riesgo dentro de la distancia efectiva de 5 m. Se debe tomar en cuenta la pendiente de la rasante



Talud pronunciado.

Se debe registrar una pendiente si el vehículo puede rodar sobre esta. Terraplenes con:

>1:3 de pendiente & caída >5 m

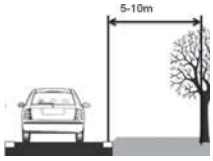


Zanja de drenaje profunda.

Zanja profunda con un ángulo marcado que podría ocasionar lesiones graves a los ocupantes de un vehículo

Distancia al objeto 5 a 10 m.

Los objetos de riesgo están dentro de la distancia efectiva de 5 a 10 m. Se debe tomar en cuenta la pendiente de la rasante



Corte.

Sección de corte no agresivo de al menos 2 m de altura. Algunos ejemplos de corte son: Cortes de tierra y Cortes de tierra con pasto

Barrera de seguridad.

Barrera capaz de contener la mayor parte de autos y vehículos pequeños

Barrera de seguridad amigable a motocicletas.

Barrera diseñada específicamente para contener motocicletas sin causar lesiones al conductor. Por ejemplo, barra contra empotramiento

Distancia al objeto >10

Objetos de riesgo con una distancia efectiva de >10 m. Se debe tomar en cuenta la pendiente de la rasante

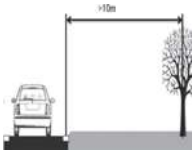


Figura 3.38. Opciones de Calificación para Severidad Lateral Derecha e Izquierda.

-*Severidad lateral izquierda.*

El atributo “Calificación de la severidad lateral – Izquierda” registra lo mismo que el atributo “Calificación de severidad lateral – Derecha” pero califica la severidad lateral en el lado izquierdo de la calzada. Las opciones de calificación son las mismas que para el atributo “Severidad Lateral – Derecha”. Para autopistas divididas, utilice la calificación de severidad para el lado izquierdo para evaluar los objetos de riesgo en la mediana.

Una vez concluida la reducción de datos de la parte mexicana del Corredor Mesoamericano del Pacífico, se procedió a la valoración con estrellas la cual se detalla en el siguiente capítulo.

4 VALORACIÓN CON ESTRELLAS.

La Calificación por Estrellas de una vía se basa en una inspección de los elementos de la infraestructura que, de acuerdo a las investigaciones realizadas, influyen en la probabilidad de que ocurran esas colisiones y en la gravedad de aquellas colisiones que se producen. La Calificación por Estrellas se centra en los elementos de la infraestructura que influyen en los tipos más comunes y graves de colisiones viales para ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones. Los calificadores asignan cada elemento de la infraestructura vial a una categoría de acuerdo a su condición. Por ejemplo, la delineación de un tramo de carretera se asigna a una de estas dos categorías:

• Adecuada. Donde las señales de advertencia de peligros y las demarcaciones en el centro y los bordes generalmente están presentes y son visibles.

• Deficiente. Donde las señales de advertencia de peligros, o las demarcaciones en el centro y los bordes están ausentes o están en malas condiciones en tramos largos.

El número y la definición de los elementos del diseño de las vías y las categorías para cada elemento de la infraestructura vial se determinaron al hacer referencia a la práctica actual de EuroRAP y AusRAP y a la investigación actual sobre los niveles de riesgo de colisiones asociadas con la infraestructura vial.

4.1 PUNTAJE DE PROTECCIÓN BRINDADA POR LA VÍA.

Luego de las inspecciones de los elementos de la infraestructura vial, se calcula un Puntaje de Protección brindada por la Vía (PPV) por cada tramo de 100 metros de vía usando el software del IRAP como se ilustra en la Figura 4.1. El PPV es una medición objetiva de la probabilidad de que ocurra una colisión y su gravedad en base a una evaluación de los elementos de infraestructura de una vía. El PPV sirve de base para generar la Calificación por Estrellas. El PPV del IRAP se desarrolló a partir de un modelo de EuroRAP que evalúa la protección que ofrecen los elementos de la vía a los ocupantes de un vehículo en caso de una colisión, y a partir de un modelo de AusRAP que evalúa la protección ofrecida por la vía a los ocupantes de un vehículo y la probabilidad de que ocurra una colisión. El PPV del IRAP también se vale exhaustivamente de la investigación actual sobre el riesgo relativo asociado con la infraestructura vial.

Un aspecto importante del IRAP que determinó el desarrollo del PPV es que debe ser consistente a nivel mundial, permitiendo su aplicación en numerosos países, incluso cuando no se cuenta con datos históricos de colisiones. También está diseñado para predecir el número de muertes y lesiones graves que podrían ocurrir en una red vial. Ello sirve de base para estimar el número de muertes y lesiones graves y, así, determinar las contramedidas que podrían aplicarse.

Estos detalles sobre la infraestructura requirieron el desarrollo de un modelo integral que:

• Evalúe el riesgo para una variedad de usuarios de las vías.

• Represente una proporción significativa de los tipos de colisiones.

• Aplique factores de riesgo relativo detallados.

Figura 4.1. Ejemplo de Puntaje de Protección de la Vía.

4.2 USUARIOS DE LAS VÍAS.

La composición de usuarios de una red vial puede variar considerablemente entre países. Si bien los ocupantes de vehículos generalmente representan la mayoría de usuarios de las vías en países de altos ingresos, en países de bajos y medianos ingresos, muchos usuarios de las vías son motociclistas, ciclistas y peatones. La idoneidad de la infraestructura vial provista para cada uno de los usuarios de las vías también es variable. Tales diferencias se reflejan en las estadísticas sobre colisiones; en Vietnam, por ejemplo, 90 % de las muertes son de peatones.

La Figura 4.2 señala el porcentaje de muertes en las vías a nivel mundial por tipo de usuario de la vía.

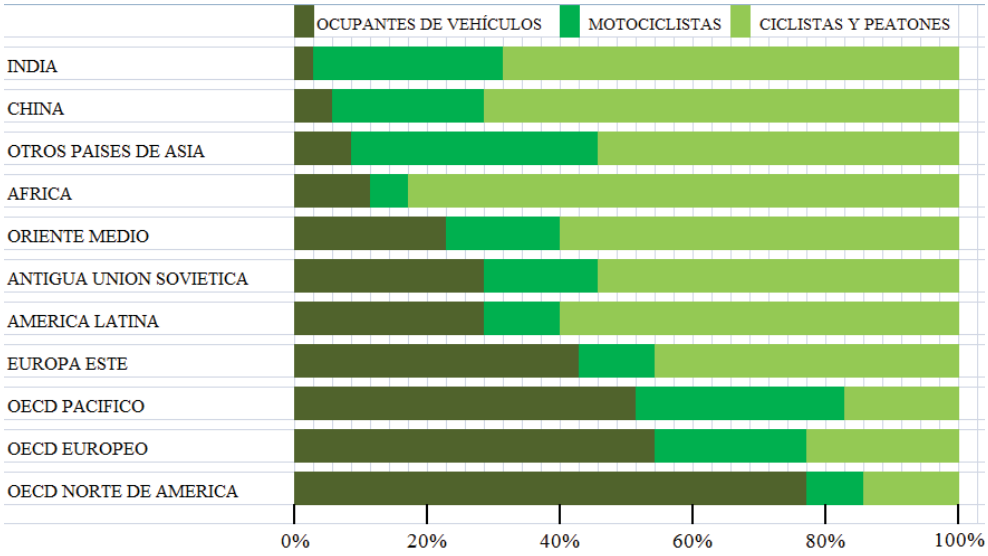


Figura 4.2. Porcentaje de muertes en las vías a nivel mundial.

Debido a que la composición de los usuarios de las vías puede variar entre países y que los diferentes usuarios de las vías tienen diferentes necesidades de infraestructura, se elaboró un PPV separado para los cuatro tipos que representan la mayoría de usos de la vía a nivel mundial:

1. ocupantes de vehículos

2. motociclistas

3. ciclistas

4. peatones.

Un beneficio del modelo integral de riesgos que representa estos cuatro tipos de usuarios de las vías es que amplía el número de opciones para el mejoramiento de la infraestructura, permitiendo así garantizar que los Planes de Inversión para Vías Más Seguras identifiquen oportunidades para salvar vidas de la forma más costo-efectiva posible.

4.2.1 TIPOS DE COLISIONES.

El PPV del IRAP se basa en una evaluación de los elementos de la infraestructura vial que influyen en los principales tipos de colisiones para cada uno de los usuarios de las vías como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Principales tipos de colisiones para cada usuario de la vía.

Ocupantes de vehículos	Motociclistas	Ciclistas	Peatones
Salida de la vía	Salida de la vía	Desplazándose por la vía	Caminando por la vía
Frontal	Frontal	Cruzando la vía	Cruzando la vía
En intersecciones	En intersecciones	En intersecciones	

Estos tipos de colisiones brindan un marco sistemático para evaluar la mayoría de colisiones fatales que ocurren.

4.3 FACTORES DE RIESGO.

Existen varios “factores de riesgo” que influyen en la probabilidad de que ocurra una colisión y en su gravedad. Estos incluyen factores conductuales como conducir bajo los efectos del alcohol y el uso del cinturón de seguridad, factores relacionados con el vehículo como el accesorio de los cinturones de seguridad y las bolsas de aire, y los elementos de la infraestructura vial, como el ancho de los carriles y el diseño de las intersecciones. IRAP se centra principalmente en los factores de riesgo de la infraestructura.

Las muertes y lesiones en las carreteras se pueden mitigar si se reduce la probabilidad de que ocurra una colisión. Por ejemplo, si todo lo demás permanece igual, la probabilidad de que ocurran colisiones graves en las curvas, especialmente aquellas con delineaciones inadecuadas, es mayor que en tramos rectos de la carretera, por lo tanto, la probabilidad que ocurra una colisión puede reducirse al convertir las curvas en rectas.

En caso de que ocurriera una colisión, su gravedad puede reducirse al proveer elementos de infraestructura vial que protejan a los usuarios de las vías al disminuir la energía cinética de la colisión a un nivel tolerable.

La intervención para aumentar la protección ofrecida a los usuarios de las vías si se mejora la infraestructura vial podría no reducir el número de colisiones, pero sí reducirá la gravedad de la lesión. Si se toma el ejemplo anterior, si una curva no puede enderezarse con el fin de reducir la probabilidad de que ocurran colisiones, la gravedad de las colisiones que se producen podría mitigarse al usar barreras de seguridad que disminuyan el impacto para los vehículos que se salen de la vía.

La velocidad a la cual se mueve el tráfico también es un determinante importante de la probabilidad y gravedad de una colisión. El efecto de la velocidad del tráfico es especialmente marcado para peatones, 90 por ciento de los cuales sobrevivirán los impactos de vehículos a velocidades de hasta 30 km/h, pero más de la mitad fallecerá a velocidades de 45 km/h o más. En esencia, la seguridad de una vía no puede entenderse si no se toman en cuenta las velocidades de tráfico por lo que la velocidad es parte importante de la PPV.

EuroRAP, AusRAP e IRAP se han valido de evidencia e investigaciones públicamente disponibles para desarrollar una serie de factores que relacionan las categorías de infraestructura vial con la probabilidad relativa de que ocurran colisiones y su gravedad. Estos factores luego son incorporados como variables en las ecuaciones discutidas en la sección de Ecuaciones de PPV de este informe.

4.3.1 FACTORES DE PROBABILIDAD DE LAS COLISIONES.

Como un ejemplo de un factor de riesgo de la probabilidad, la relación entre la delineación y la probabilidad de que los ocupantes de un vehículo fallezcan o terminen gravemente lesionados en una colisión se muestra en la Tabla 4.2. Indica que el riesgo relativo de muerte o lesión grave en una vía rural es 20 por ciento mayor cuando la delineación es inadecuada, y todo lo demás permanece igual.

Tabla 4.2. Factores de riesgo para ocupantes de vehículos respecto a la probabilidad de que ocurra una muerte o lesión grave en una vía.

Delineación	Riesgo relativo
Adecuada	1.00
Deficiente	1.20

4.3.2 FACTORES DE GRAVEDAD DE LAS COLISIONES.

Las señales de tránsito, árboles, postes, terraplenes profundos y cunetas pueden causar lesiones severas tras ser impactados, especialmente a altas velocidades. Sin embargo, las barreras de seguridad adecuadamente ubicadas pueden ser muy eficaces en reducir lesiones, como se muestra en la Tabla 4.3, la cual muestra que el riesgo es relativo para las barreras de seguridad es 1.75, mientras que el riesgo relativo para los terraplenes profundos es casi tres veces más alto, en 5.00. Ello forma parte de las investigaciones que muestran que las barreras ayudan a prevenir las muertes y lesiones ya que absorben las energías producto del impacto, y contienen y ayudan a re-direccionar a los vehículos errantes.

Tabla 4.3. Ejemplos de Riesgo Relativo.

Categoría	Factor de Riesgo
Barrera de seguridad	1.75
Distancia al objeto fijo 5 – 10 m	3.80
Drenaje profundo, cunetas y terraplenes inclinados	5.00
Precipicio	10.00

4.3.3 FACTORES DE CALIBRACIÓN POR TIPO DE COLISIÓN.

Para reflejar fehacientemente los tipos comunes de colisiones y sus proporciones a lo largo de una red vial, el modelo del IRAP aplica un "factor de calibración por tipo de colisión". Estos factores se han basado en un análisis de las proporciones de casos mortales asociados con cada tipo de colisión en los tipos de vías genéricas. Los factores toman en consideración las combinaciones de colisiones típicas en áreas rurales, semiurbanas y urbanas.

4.3.4 FACTORES DE VELOCIDAD.

Los modelos de PPV del IRAP incluyen un factor de velocidad en los componentes de probabilidad y protección de las ecuaciones (vea la sección de Ecuaciones de PPV del informe). Con respecto a la probabilidad, los factores del riesgo de velocidad se determinaron al calcular el ratio del cuadrado de la velocidad en un tramo de prueba con respecto al cuadrado del límite de velocidad para un caso base. Para el componente de gravedad, los factores del riesgo de velocidad se determinaron al calcular el ratio de la velocidad en un tramo de prueba con respecto al cuadrado del límite de velocidad para un caso base. Cuando se combinan, estos factores proporcionan un efecto global donde el riesgo varía con el cubo del ratio de las velocidades, como se ilustra en la Figura 4.3 a continuación. Muestra que el riesgo relativo para una vía con una velocidad de 120 km/h. La evidencia es casi 30 veces más alta que el de una vía con un límite de velocidad de 40 km/h. La evidencia provista por investigaciones identifica esta relación para mostrar la variación de colisiones mortales y graves con la velocidad.

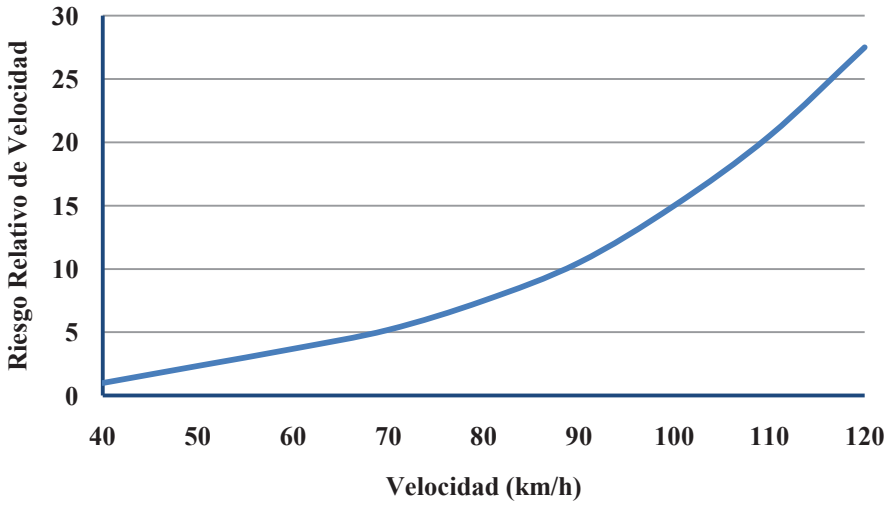


Figura 4.3. Variación del Riesgo Relativo de Velocidad.

Los PPV se basan en las velocidades de operación del tráfico, que se definen como las más altas de las siguientes: el límite de velocidad legal o la velocidad del 85vo percentil, redondeado al valor de 10 km/h más cercano. Cuando los datos de velocidad del 85vo percentil no están disponibles, se utiliza el límite de velocidad.

4.4 ECUACIONES DE PUNTAJE DE PROTECCIÓN BRINDADA POR LA VÍA.

La estructura de las ecuaciones del Puntaje de Protección brindada por la Vía (PPV) para ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones se muestra en las Figuras 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7.

Cada PPV para usuarios de la vía es la suma del PPV para los tipos de colisiones relevantes, que a su vez son una función de los factores de probabilidad, gravedad y calibración por tipo de colisión, El PPV es una medición sin unidades y se calcula para cada usuario de la vía por cada tramo de 100 metros de carretera. Un puntaje alto corresponde a un nivel de alto riesgo, y un puntaje bajo corresponde a un nivel de bajo riesgo.

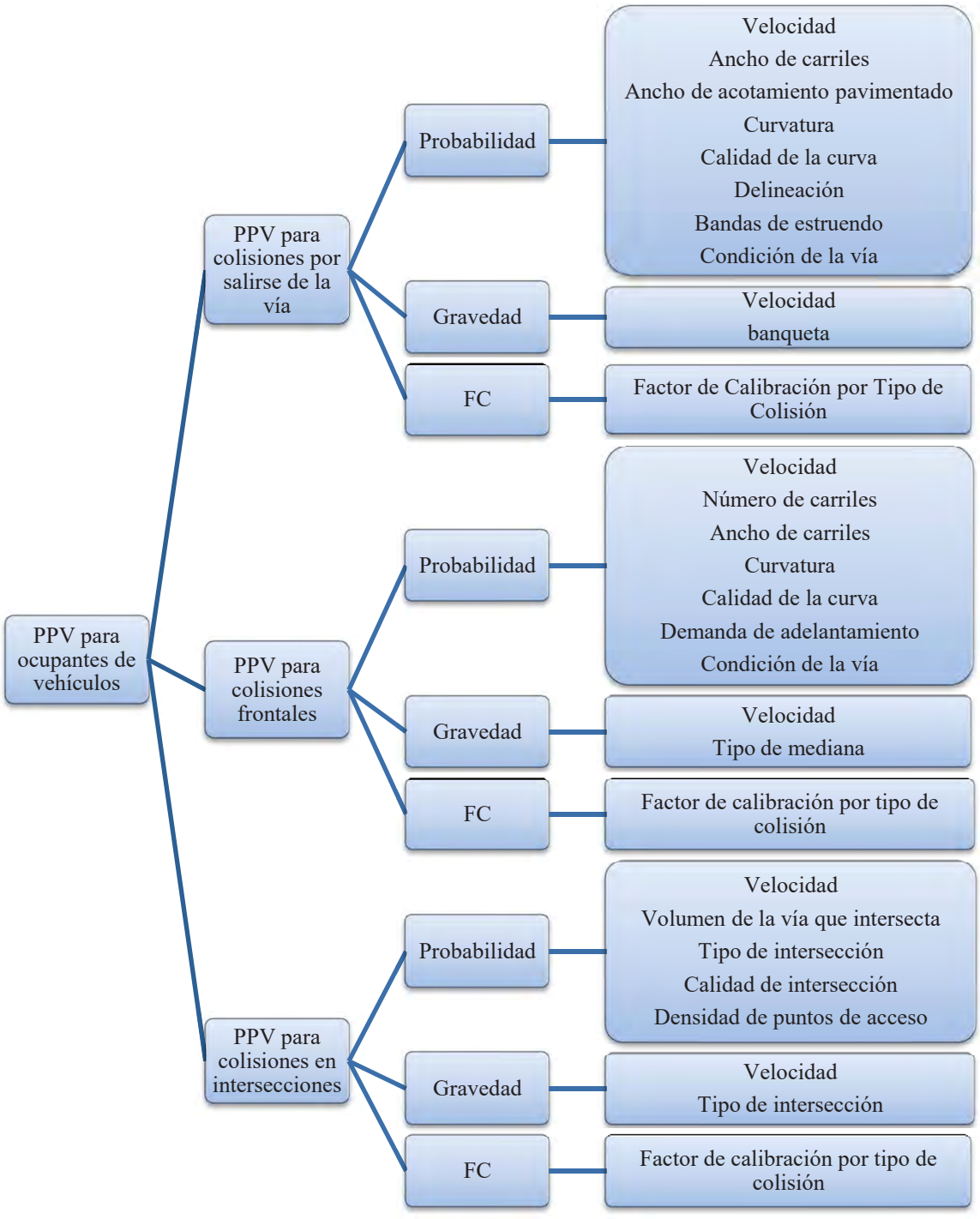

PPV para ocupantes de vehículos
PPV para colisiones por salirse de la vía
Probabilidad
Velocidad
Ancho de carriles
Ancho de acotamiento pavimentado
Curvatura
Calidad de la curva
Delineación
Bandas de estruendo
Condición de la vía
Gravedad
Velocidad
banqueta
FC
Factor de Calibración por Tipo de Colisión
PPV para colisiones frontales
Probabilidad
Velocidad
Número de carriles
Ancho de carriles
Curvatura
Calidad de la curva
Demanda de adelantamiento
Condición de la vía
Gravedad
Velocidad
Tipo de mediana
FC
Factor de calibración por tipo de colisión
PPV para colisiones en intersecciones
Probabilidad
Velocidad
Volumen de la vía que intersecta
Tipo de intersección
Calidad de intersección
Densidad de puntos de acceso
Gravedad
Velocidad
Tipo de intersección
FC
Factor de calibración por tipo de colisión

Figura 4.4. Ecuación del PPV para ocupantes de vehículos.

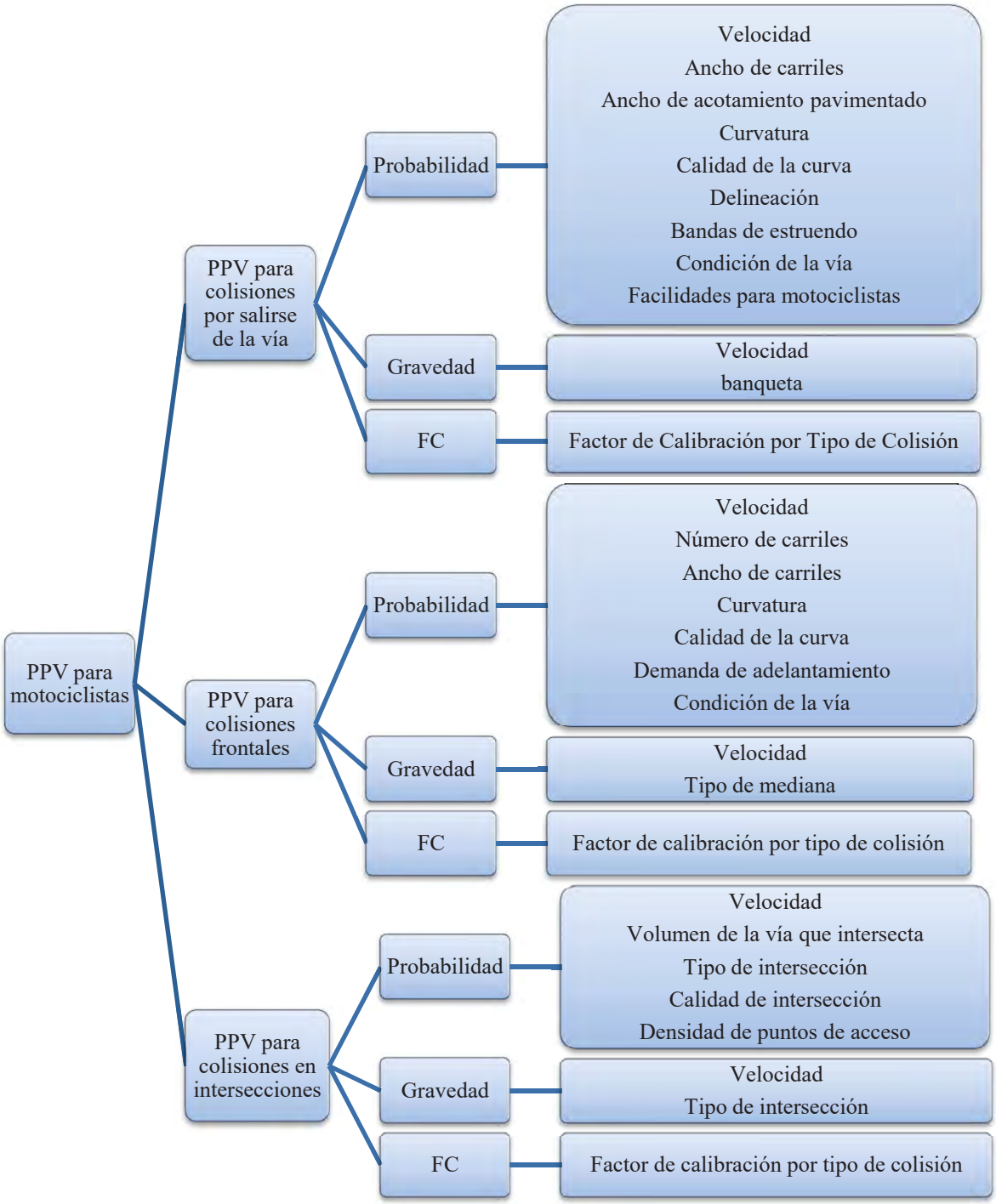


Figura 4.5. Ecuación del PPV para motociclistas.

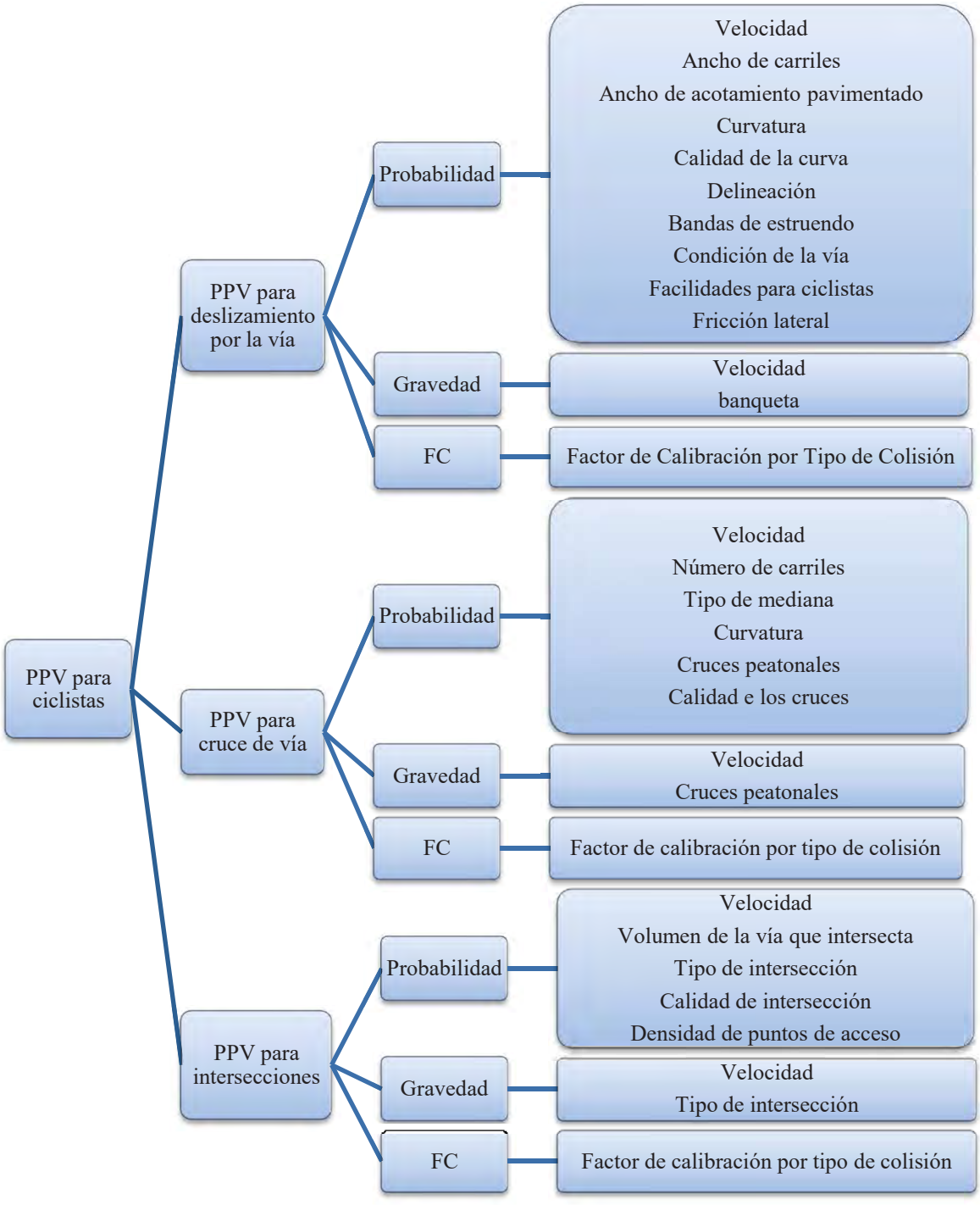


Figura 4.6. Ecuación del PPV para ciclistas.

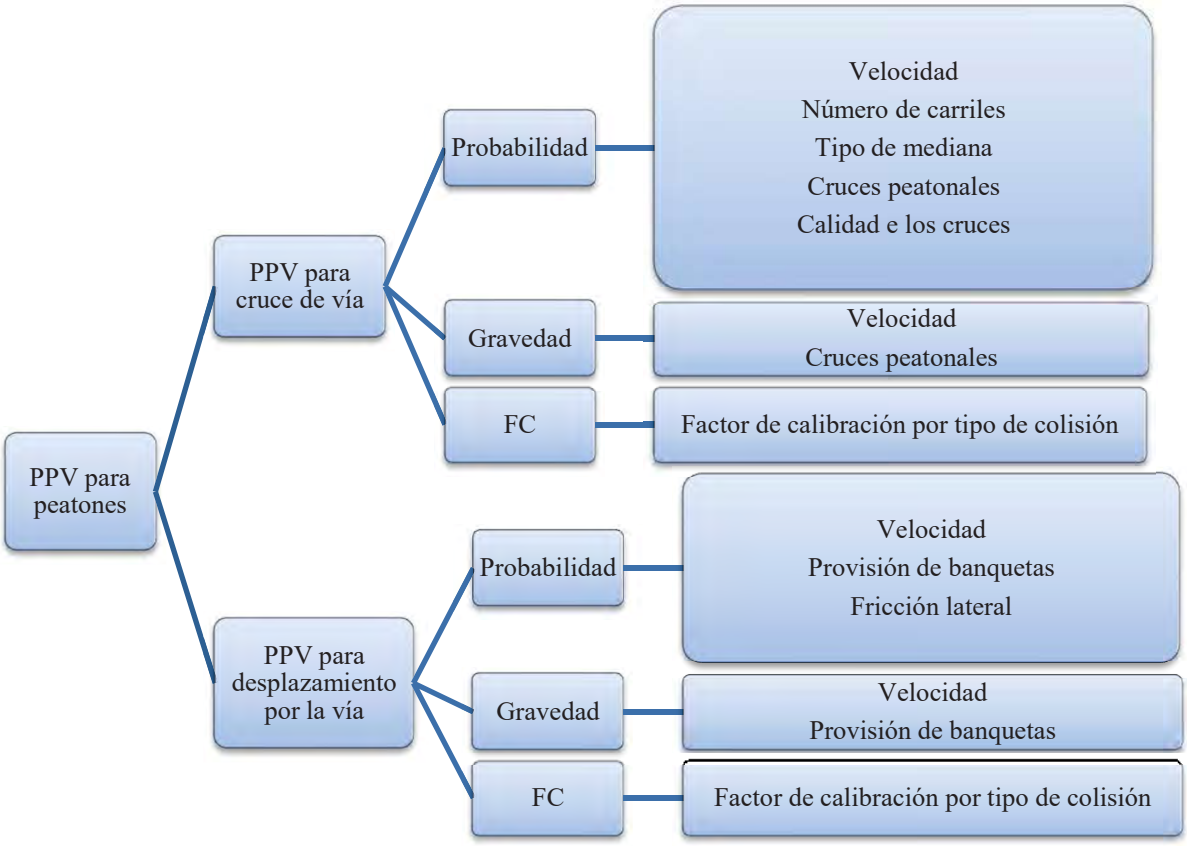


Figura 4.7. Ecuación del PPV para peatones.

4.5 CALIFICACIÓN POR ESTRELLAS.

Los Puntajes de Protección brindada por la Vía (PPV) se calculan por cada tramo de 100 metros de carretera. Estos pueden trazarse en un gráfico, donde la distancia en kilómetros desde el inicio de una carretera se traza en el eje horizontal y el PPV se grafica en el eje vertical. En este caso se graficó de PPV para ocupantes de vehículos del PAC 01-02 (ruta La Tinaja-Cosoleacaque) la cual se muestra en las Figuras 4.9 y 4.10 Ilustra que a medida que un ocupante de un vehículo se desplaza por la vía, el riesgo al que está expuesto cambia constantemente a medida que varían los elementos de la infraestructura vial (nótese que a medida que se incrementa el PPV, también aumenta el riesgo). En la Tabla 4.4 y la Figura 4.8 se muestra la ruta en estudio, se eligió esta ruta debido a que en el Capítulo 2 fue uno de los tramos que resaltaba por su nivel de peligrosidad.

Tabla 4.4. Rutas del Corredor Mesoamericano del Pacífico.

No.	RUTA (DGST)	NOMBRE DE LA RUTA	IDENTIFICADOR EN ARCVIEW	LONGITUD
1	MEX - 150D	MEXICO VERACRUZ (CUOTA)	MEX - 150D	223.90
2	MEX - 145D	LA TINAJA - COSOLEACAQUE (CUOTA)	MEX - 145D	262.00
3	MEX - 180	COATZACOALCOS – VILLAHERMOSA	MEX - 180	26.00
4	MEX - 187D	LAS CHOAPAS - OCOZOCOAUTLA (CUOTA)	MEX - 187D	197.50
5	MEX – 220	OCOZOCOAUTLA – ENT. EL SABINO	MEX – 220	10.00
6	MEX – 190	MEXICO – CD. CUAUHTEMOC	MEX – 190	79.20
7	MEX – 193	LAS CRUCES – ARRIAGA	MEX – 193	47.30
8	MEX – 200	TEPIC – PUENTE TALISMAN	MEX – 200	283.00
			LONGITUD TOTAL	**1129.20**

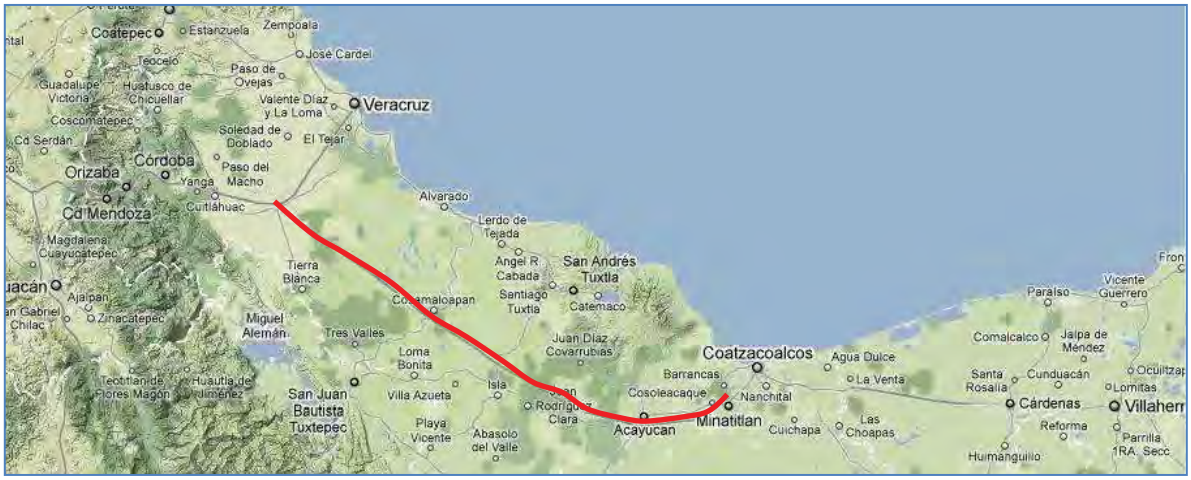


Figura 4.8. Mapa de la ruta La Tinaja – Cosoleacaque.

En la Figura 4.9 se ilustra la gráfica que arrojó el software de IRAP para la calificación por estrellas de la Ruta La Tinaja – Cosoleacaque, en el sentido Puebla – Panamá.

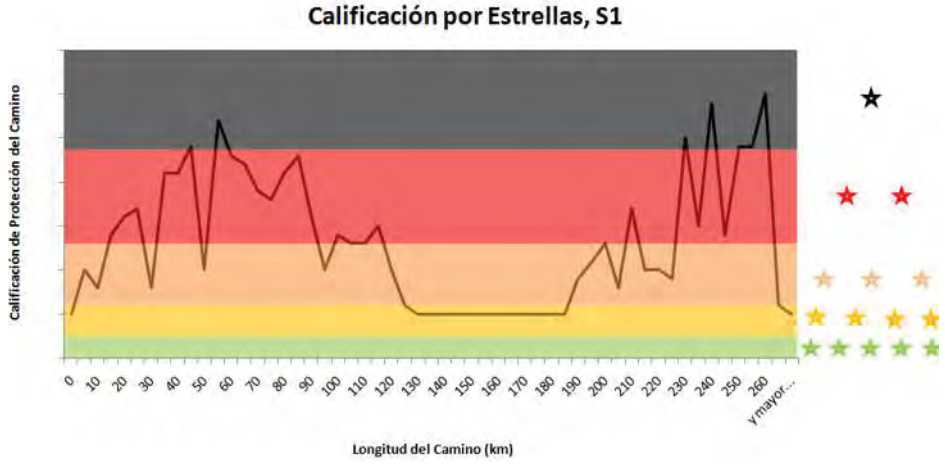


Figura 4.9. Gráfica de la Calificación con Estrellas de la ruta La Tinaja – Cosoleacaque.

En la Figura 4.10 se ilustra la gráfica que arrojó el software de IRAP para la calificación por estrellas de la Ruta La Tinaja – Cosoleacaque, en el sentido Panamá – Puebla.

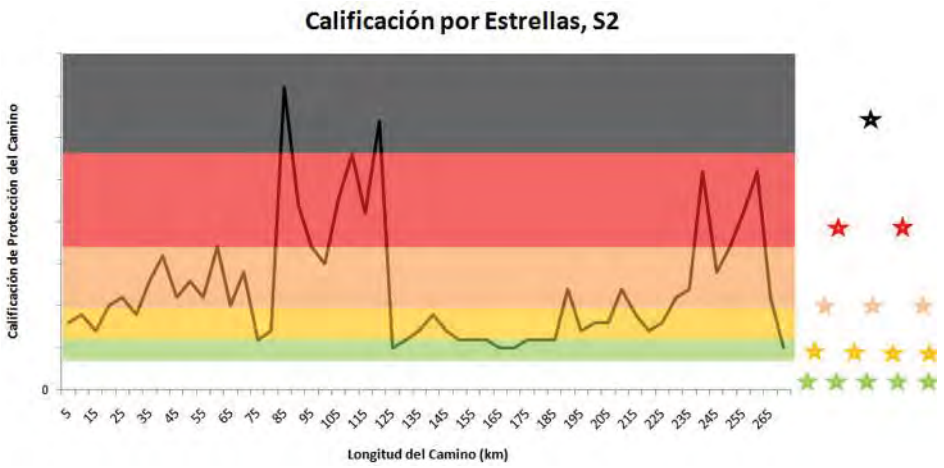


Figura 4.10. Gráfica de la Calificación con Estrellas de la ruta La Tinaja – Cosoleacaque.

Para generar Calificaciones por Estrellas, se asigna un PPV a una de las cinco bandas de Calificación por Estrellas. El sistema de Calificación por Estrellas refleja la práctica internacional común de reconocer la categoría con el mejor desempeño con 5 estrellas (verde) y la de peor desempeño con 1 estrella (negro).

La Figura 4.8 muestra la Calificación por Estrellas para la misma vía, pero en forma de mapa. Debido a que la Calificación por Estrellas para tramos de 100 metros ofrece demasiado detalle para un mapa de gran escala, la Calificación por Estrellas se simplifica para la elaboración de los mapas. Por lo tanto, la variación en la Calificación por Estrellas del mapa de la figura 4.8 es menos marcada que en el gráfico que aparece en el lado derecho de la figura.

En principio, una carretera de 5 estrellas es aquella donde la probabilidad de que ocurra una colisión y una muerte o lesión grave es muy baja. Los umbrales superiores e inferiores del PPV para la Calificación por Estrellas se establecieron luego de realizar pruebas de sensibilidad significativas para determinar cómo el PPV varía con los cambios en los elementos de la infraestructura vial.

En circunstancias como esta en donde la carretera es de doble calzada, se calcula un PPV para ambas direcciones y la Calificación por Estrellas se presenta por separado. En casos en que es poco probable que un tipo específico de usuario de la vía utilice un tramo de la carretera, no se elabora una Calificación por Estrellas para ese usuario de la vía. Por ejemplo, si los ciclistas no utilizan este tramo de carretera, no se elabora una Calificación por Estrellas para ciclistas.

4.6 GENERACIÓN DE CONTRAMEDIDAS.

A continuación se presentan algunos tramos de mayor relevancia para la calificación con estrellas y las contramedidas correspondientes para cada uno de ellos.

4.6.1 TRAMO DEL 30+000 AL 60+000 (CUERPO A Y B).

Observaciones.

Los accidentes registrados en este tramo en el 2009 son once y están relacionados con choques contra objetos sobre la carpeta asfáltica (6), choque contra objeto fuera de la carpeta asfáltica (4) y choque contra barrera central (1), con un saldo total de cinco lesionados.

El tramo se localiza en terreno plano, en tangente en ambos alineamientos con una sección transversal en terraplén, dos carriles de circulación y acotamientos, sentidos de circulación separados por una barrera de concreto.

Esta condición permanece mayoritariamente a lo largo del tramo de autopista La Tinaja-Isla, es decir, por más de 100 kilómetros se conduce en un tramo prácticamente recto, lo que puede provocar somnolencia en los conductores. Respecto a la severidad lateral se ilustra en la Figura 4.11 que en el Km. 30+640 existe un árbol a una distancia de 2 m., lo cual puede representar un peligro serio.

Figura 4.11. Severidad Lateral a 2m.

En la Figura 4.12 se puede observar en el km. 32+240 comienza la barrera de seguridad en ambos extremos inadecuadamente, ya que en lugar de beneficiar al usuario brindado una adecuada seguridad vial lo perjudica ya que su inicio representa un objeto peligroso al paso de los vehículos por dicho punto. Nótese el mal estado del pavimento del carril derecho.

Figura 4.12. Inicio de la Barrera Metálica.

En la parte externa del cuerpo "A" se observa en la Figura 4.13 que hace falta la barrera metálica (km 57+200 y km 57400) que son el inicio y final de un puente.

Figura 4.13. Ausencia de Barrera Metálica.

En la Figura 4.14 se puede observar la falta de continuidad en un segmento de la barrera de seguridad derecha en el km. 33+660, lo cual, como ya se ha mencionado con anterioridad, representa un peligro para el usuario y con esto se ve disminuida su seguridad vial al transitar por la carretera.

Figura 4.14. Discontinuidad de Barrera Metálica.

Para dividir los sentidos de circulación se instaló una barrera de concreto, como se ilustra en la Figura 4.15 esta barrera está empotrada en el pavimento aproximadamente 10 cm; en cuanto a visibilidad este dispositivo no está pintado y no cuenta con material reflejante.

Figura 4.15. Barrera de Concreto que Divide los Sentidos de Circulación.

La pila del puente es más ancha que la barrera de concreto y por lo tanto está desprotegida de impactos vehiculares, los cuales pueden ser severos para el conductor, independientemente del posible daño a la estructura, además que la barrera en ese punto está por encima de la superficie de rodamiento, como se observa en la Figura 4.16.

Figura 4.16. Pila del PIV Desprotegida.

En la Figura 4.17 se aprecia la existencia de un acceso a un camino de terracería, el cual aunque aparentemente ha sido clausurado, no se descarta la posibilidad de que vuelva a utilizarse.

Figura 4.17. Acceso Clandestino.

Contramedidas.

Bandas alertadoras o de estruendo.

Las bandas alertadoras se presentan en diversas formas y se forman produciendo ranuras o acanalados en la superficie del pavimento o añadiendo un badén de plástico en la vía. Se pueden colocar a lo largo del carril de tránsito (bandas alertadoras transversales) para advertir a los conductores de los peligros que se aproximan (tales como curvas, intersecciones o áreas de actividad peatonal).

Las bandas alertadoras longitudinales (también conocidas como demarcaciones de borde elevadas o demarcaciones de borde audibles) se pueden utilizar para delinear el borde de vías rurales pavimentadas donde podrían ocurrir colisiones a causa de la fatiga del conductor. Además de brindar delineación visual, las bandas alertadoras longitudinales también pueden ser escuchadas y sentidas por los conductores. Cuando un neumático pasa por encima de las bandas alertadoras se produce un ruido y una vibración. Esto le indica al conductor distraído o somnoliento que su vehículo se está empezando a salir de la vía.

-Beneficios.

- Reducen las colisiones frontales y por salirse de la vía.
- Tienen el potencial de reducir el mantenimiento requerido por la berma de la vía.
- Advierten anticipadamente acerca de un peligro.

-Aspectos de implementación.

- Las bandas alertadoras longitudinales pueden ser un peligro para los ciclistas y motociclistas.
- Puede que el ruido que hacen las bandas alertadoras sea difícil de escuchar por los conductores de vehículos más grandes.
- Las bandas alertadoras no deben utilizarse cerca de las viviendas debido al ruido que producen.
- Para evitar que la vía se debilite, debe haber al menos 150 mm de vía sellada fuera de las bandas alertadoras longitudinales.

Barreras de seguridad.

Se usan barreras de seguridad para evitar que los vehículos “fuera de control”.

- Salgan de la vía y colisionen contra los peligros laterales de la vía o rueden cuesta abajo por una pendiente (barreras al costado de la carretera).
- Crucen el carril con tránsito contrario.
- Proteger la pila del puente con las conexiones apropiadas en ambos extremos a la barrera de concreto.

Están diseñadas para absorber el impacto de las colisiones de manera que minimicen las lesiones. Existen tres tipos principales de barreras de seguridad:

Las barreras flexibles generalmente se hacen con cables que se tienden entre postes removibles. Las barreras flexibles son la mejor opción para minimizar lesiones a los ocupantes de vehículos.

Las barreras semirrígidas suelen hacerse con vigas de acero. Estas tienen menos deflexión que las barreras flexibles, por lo que se pueden colocar más cerca del peligro cuando el espacio es limitado.

Las barreras rígidas con frecuencia se hacen de concreto y no tienen deflexión. Se deben usar barreras rígidas solo cuando no debe haber deflexión por una barrera semirrígida o flexible.

Muchos de los beneficios del uso de las barreras derivan de la reducción de la gravedad de los accidentes. Aunque puede ocurrir un accidente, es posible que la consecuencia sea menor que si hubiera colisionado con el objeto protegido por la barrera.

-Beneficios.

Cuando se diseñan de manera apropiada, las barreras deberían reducir la gravedad de las colisiones en las que estén involucrados vehículos ‘fuera de control'.

-Aspectos de la implementación.

Solo se debe construir una barrera de seguridad si el peligro existente no puede ser eliminado.

Los terminales de las barreras pueden ser peligrosos si no se diseñan de manera adecuada.

Las barreras de seguridad no deben estar tan cerca de la vía como para que se conviertan en un peligro para los vehículos.

Los daños menores pueden reducir los beneficios de seguridad de las barreras si no se reparan debidamente.

Indicadores de alineamiento vertical.

Respecto a los indicadores de alineamiento se recomienda reinstalarlos con material de PVC a cada 40 m.

Como ya se comentó, la utilidad de los indicadores se ve nulificada si éstos se encuentran cubiertos por la vegetación; por lo tanto, se refuerza la recomendación indicada en la 6ª observación, en la cual se propone que los taludes de terraplén tengan una inclinación de 4:1 o más plano si fuese posible, de esta forma la limpieza del derecho de vía se podría realizar con maquinaria.

Obviamente, no será necesario colocar indicadores de alineamiento en los tramos que tengan barrera metálica, ya que ésta deberá contar con láminas reflejantes.

Debido a que las labores de limpieza en los tramos con barrera metálica pudieran llegar a ser más complicadas se propone la utilización de una barrera física, es decir el uso de un geotextil que impida el crecimiento de la hierba, pero que permita el paso del agua; con lo anterior se evitaría que la defensa metálica fuera cubierta por la vegetación y no se nulificaría el efecto delineador de las láminas reflejantes y, por otra parte se facilitaría la revisión continua de estos sistemas de contención.

4.6.2 TRAMO DEL 65+000 AL 75+000 (CUERPO A Y B).

Observaciones.

Los accidentes registrados en el punto de conflicto No. 2 entre 2006 y 2007 son seis y están relacionados con choques contra semovientes (2), salida del camino (2), choques contra objetos sobre la carpeta asfáltica (1) y choque por alcance (1), en ninguno de ellos se registraron víctimas. En cambio en el punto de conflicto No. 5 ocurrieron cuatro accidentes, tres de ellos corresponden a salidas del camino con un saldo de ocho lesionados y el restante fue un choque contra semoviente. De lo anterior se observa que la severidad en las salidas del camino en el cuerpo “B” es

mayor, debido a que previo al retorno se tienen taludes de terraplén pronunciados (menores a 3:1), lo cual provoca para este tipo de accidentes un aumento en la severidad.

La faja separadora central tiene la particularidad que funciona como parte del retorno a nivel. Estos retornos se ubican a cada 10-20 km a lo largo de la autopista. En la faja separadora existen obstáculos fijos, principalmente árboles, los cuales se encuentran muy cerca del hombro del camino representando un riesgo potencial para los conductores que por alguna razón llegaran a perder el control de su vehículo (ver Figura 4.18); lo mismo ocurre sobre el acotamiento externo con los postes de las señales tipo puente. Se recomienda 9 m libres de obstáculos, a partir del hombro del camino y en caso de que esto no fuera posible se propone el uso de algún sistema de contención.

Figura 4.18. Faja Separadora Central con Obstáculos Fijos.

La discontinuidad que presenta la barrera de concreto antes de la faja separadora es un riesgo potencial, aumentando en su terminación con la pila del puente, la cual está desprotegida debido a la desalineación de la barrera. La desprotección de la pila se debe a que la barrera se encuentra sobre la zona del acotamiento interno del cuerpo “B”, en donde la severidad en los conductores sería mayor en caso de impactos vehiculares, independientemente del posible daño a la estructura; además en el cuerpo “B” se ocasiona en los conductores la sensación de estrechez. (Ver Figura 4.19).

Figura 4.19. Pila del PIV Desprotegida..

Contramedidas.

Bandas alertadoras o de estruendo.

Barreras de seguridad.

Delineación central y de bordes.

Las medidas de delineación central y de los bordes ayudan a los conductores a juzgar su posición en la vía, y los orientan sobre las condiciones que se aproximan. Las medidas de delineación son particularmente útiles en casos en que la visibilidad es deficiente (por ejemplo, debido a la lluvia, neblina u oscuridad) y en curvas cerradas.

Existen muchos tratamientos de delineación disponibles, y estos deben usarse de manera consistente a lo largo de una vía o red vial. Algunos ejemplos de tratamientos de delineación incluyen

Demarcación.

Las demarcaciones pintadas son relativamente económicas. Las líneas de separación de sentidos se pueden utilizar para disuadir a los conductores que adelanten a otros vehículos o evitar que se desvíen de su carril.

Las demarcaciones de borde ayudan a los conductores a juzgar el alineamiento de la vía que se aproxima y permiten reducir las colisiones por salida de la vía. La demarcación también resulta efectiva ya que reduce el daño causado a las bermas, contribuyendo así a disminuir los costos de mantenimiento. Las bandas alertadoras o las demarcaciones elevadas aplicadas como una demarcación de borde o línea de separación de sentidos pueden ser efectivas ya que reducen el número de colisiones frontales y por salida de la vía, particularmente las colisiones causadas por la fatiga del conductor.

Demarcadores retroreflectivos para pavimento (RRPM, por su sigla en inglés).

Los demarcadores retroreflectivos para pavimento ('ojos de gato') por lo general se utilizan junto con la demarcación pintada para advertir a los conductores de cualquier cambio en el alineamiento de la vía que se aproxima. Los RRPM son particularmente útiles en la oscuridad o en climas húmedos cuando es difícil ver la demarcación.

Postes indicadores.

Los postes indicadores ayudan al usuario de la vía ya que le indican el alineamiento de la vía más adelante, especialmente en curvas verticales y horizontales. Los postes indicadores generalmente son de un metro de alto y se instalan a un metro del borde de la vía. Pueden estar equipados con reflectores, o estar pintados con pintura reflectora, por lo que son particularmente útiles en la noche. No deberían constituir un peligro al costado de la vía, y deberían estar hechos de material ligero, frágil y durable. Los postes indicadores pueden ser necesarios en algunos lugares donde se necesite mostrar la ruta de una vía debido a una fuerte nevada.

Delineadores direccionales.

Los delineadores direccionales se pueden instalar a lo largo de la parte exterior de una curva para dar a los conductores una mejor visibilidad de la curva a medida que se aproximan a esta, y para ayudarlos a posicionar mejor su vehículo al momento de tomar la curva.

Señales de advertencia y señales de velocidad sugerida.

Las señales de advertencia informan a los conductores de la naturaleza de un peligro que se aproxima. Las señales sugeridas, incluyendo los límites de velocidad sugeridos, indican a los conductores cómo salvar el peligro con seguridad. Por ejemplo, las señales de curva peligrosa colocadas en la aproximación a la curva pueden informan al conductor de cambios en el alineamiento de la vía.

-Beneficios

Reduce las colisiones frontales y por salirse de la vía.

En muchos países se pasa por alto la demarcación (y se requieren barreras físicas).

-Aspectos de la implementación

Los delineadores diseñados o ubicados incorrectamente pueden contribuir al riesgo de colisiones.

El exceso de señales podría confundir a los conductores.

Las vialetas en las vías requieren que la superficie de rodado sea de buena calidad.

La delineación tiene que ser consistente en todo el país.

Es importante considerar el uso de demarcaciones y señales retroreflectivas en las vías durante la noche y en condiciones húmedas.

4.6.2 TRAMO DEL 80+000 AL 93+000 (CUERPO A Y B).

Observaciones.

Los accidentes registrados en ambos puntos están relacionados en su mayoría con choques contra objetos dentro de la carpeta asfáltica (el 80% de los 21 accidentes registrados en el cuerpo “A” entre 2006 y 2007 y el 72% de los 25 registrados en el otro cuerpo). El resto de los accidentes son choque por alcance o de costado principalmente; asimismo, en ninguno de los casos se registraron víctimas.

La barrera metálica doble onda, semirrígida, presenta problemas en sus tramos rectos y en las bifurcaciones relacionados con la falta de elementos de sujeción y reflejantes, de altura (menor a 70 cm), de unión, de impactos, de traslapes inversos, de alineación; lo anterior ocasiona que el sistema no funcione eficientemente. (Ver Figura 4.20).

Figura 4.20. Barrera metálica deficiente.

Otro factor que afecta las condiciones de operación es la presencia de vehículos estacionados en la zona de la plaza de cobro sobre el acotamiento externo, antes y después de la caseta y en la sección reducida a la altura del Puente Pichoapa II; lo anterior produce en los conductores una sensación de estrechez de los carriles de circulación. Estas condiciones de operación ocasionan accidentes del tipo choque por alcance y de costado. (Ver Figura 4.21).

Figura 4.21. Vehículos Estacionados sobre Acotamiento

Cuando la zona de la plaza de cobro se satura, la fila de vehículos invade los carriles de la autopista en la zona de la curva en cresta y se reduce la distancia de visibilidad de frenado. (Ver Figura 4.22).

Figura 4.22. Reducción de Distancia de Visibilidad

En la proximidad de la Plaza de cobro (km 83+600 al 84+100) existe una extensa, completa y visible área de servicios para cada cuerpo, sin embargo no existe un paso peatonal entre las áreas y algunas zonas se encuentran en mal estado, principalmente la de estacionamientos. (Ver Figura 4.23).

Figura 4.23. Ausencia de Paso Peatonal entre Áreas de Servicios.

Contramedidas.

Bandas alertadoras o de estruendo.

Barreras de seguridad.

Prohibición del estacionamiento.

Ocasionalmente, por razones de seguridad, se necesita prohibir el parqueo en las calles. Generalmente, se hace mediante señales apropiadas que indiquen la prohibición del estacionamiento, pero en algunos casos se requiere la instalación de elementos físicos como postes hincados en el suelo o bolardos.

-Beneficios.

Se reducen las colisiones, incluidas las colisiones que afectan a los peatones.

Se disminuye el potencial de colisiones laterales o por alcance cuando se prohíbe el estacionamiento.

Realineamiento vertical.

El realineamiento vertical de la vía puede utilizarse para:

Reducir la gradiente (cuando se viaja por pendientes empinadas los frenos podrían dañarse, especialmente en el caso de vehículos pesados, mientras que cuando se viaja en cuestas empinadas, algunos vehículos lo hacen lentamente, y ello puede causar colisiones por adelantamiento y afectar el flujo vehicular).

Incrementar el radio de una cresta para tener una distancia de visibilidad adecuada (al “recortar” la parte superior de la cima).

Minimizar los cambios de aceleración vertical (por ejemplo, las curvas cóncavas pueden ser muy incómodas para los ocupantes de vehículos).

CONCLUSIONES.

Con el estudio realizado, se espera que el Procedimiento de Auditoría Automatizada de Seguridad Vial permita, entre otras cosas:

-Minimizar los riesgos de accidente sobre la red carretera, implementando las mejores alternativas de mejoramiento para los sitios en el entorno del camino que representen un alto riesgo al usuario. Como pudo apreciarse, éstos son identificados primero, a través de un escrutinio detallado de todos los segmentos de la carretera (o de cada corona por separado cuando ésta es dividida), el cual es realizado eficientemente con la ayuda de todos los elementos de tecnología instalados en el equipo de inspección.

-La identificación de la alternativa más conveniente de mejoramiento para cada sitio, permite determinar el costo de mejoramiento de los tramos con menor calificación, llevando todo el corredor a una situación homogénea de mayor seguridad vial. La determinación del costo permite armar los planes de inversión. Su comparación con los beneficios por reducción de la accidentalidad vial y sus consecuencias, permite evaluar la rentabilidad de las mejoras para cada tramo, así como para todo el corredor globalmente.

-Insistir sobre la importancia y oportunidad que tiene la ingeniería en vías terrestres en la solución del problema de la inseguridad vial (p. ej. las medidas correctivas basadas en el diseño geométrico tienen un alto porcentaje de contribución a la solución del problema).

-Reducir los costos totales de un camino durante toda su vida útil (p. ej. modificar un proyecto mal realizado resulta más caro una vez construida la obra que en la etapa de proyecto).

También como conclusión de este trabajo, diremos que la Seguridad Vial en carreteras puede lograrse mediante una inversión adecuada y creciente a fin de generar mejores usuarios de las vialidades y mejores estándares de diseño, construcción y mantenimiento vehicular y carretero.

Todos somos usuarios de las vialidades; como tales somos responsables de que las condiciones mejoren, es decir, sin importar si se trata de ingenieros, abogados, médicos o cualquier especialista directamente involucrado en el tema, todos participamos como ocupantes de vehículos, ciclistas, motociclistas o peatones; por lo tanto estamos expuestos a las consecuencias de un accidente, en nosotros mismos o en nuestros seres queridos.

Tanto en el diseño de carreteras nuevas como en la reconstrucción de carreteras existentes, debe darse particular atención a la seguridad vial como un criterio principal de proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este primer documento, se recomienda que en estudios posteriores se analicen y se evalúen detalladamente los siguientes aspectos:

-La formación de auditores. Como parte fundamental de este estudio se plantea la cuestión crítica, sobre la formación de auditores (p. ej. quién impartiría los cursos para la formación de auditores, quiénes serían los posibles auditores, etc.).

-Presentación de resultados. Una vez realizada una Auditoría en Seguridad Vial, presentar los resultados del estudio y de esta manera tener la ocasión de difundir e intercambiar nuestras experiencias con otros países.

INDICE DE FIGURAS.

I.1. Elementos principales que contribuyen a la ocurrencia de accidentes viales 2

I.2. Composición de la Red Carretera Nacional 4

I.3. Serie de Accidentes de Alta Severidad 4

I.4. Accidentes ocurridos desde el año 1992 hasta el año 2008 6

I.5. Evolución de los lesionados desde el año 1992 hasta el año 2008 6

I.6. Evolución del número anual de muertos en el sitio del accidente, en la RCF 8

I.7. Evolución de los daños materiales anuales en los accidentes en la RCF 8

1.1. Países integrantes de IRAP 21

1.2. Países integrantes de EURORAP 24

1.3. Mapa de valoración con estrellas de AUSRAP 26

1.4. Estados integrantes de USRAP 28

1.5. Mapas de riesgos de KIWIRAP 29

1.6. Países de Latinoamérica y el Caribe asociados a IRAP 30

1.7. Países de Asia asociados a IRAP 31

1.8. Países de África asociados a IRAP 31

INDICE DE TABLAS.

I.1. Diez principales causas de defunción al 2004, OMS 3

I.2. Evolución de la Accidentalidad en la Red Carretera Federal entre 1994 y 2008 5

I.3. Diez principales causas de mortalidad en hombres (15 a 64 años) al 2007 7

I.4. Diez principales causas de mortalidad en mujeres (15 a 64 años) al 2007 7

1.1. Costos Globales del Proyecto Sudáfrica 33

1.2. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Sudáfrica 33

1.3. Costos Globales del Proyecto Malasia 34

1.4. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Malasia 35

1.5. Costos Globales del Proyecto Chile 36

1.6. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Chile 36

1.7. Costos Globales del Proyecto Costa Rica 37

1.8. Costos por Tipo de Medida para el Proyecto Costa Rica 38

1.9. Síntesis de Costos Globales para los Cuatro Proyectos Piloto 38

REFERENCIAS.

[I.1] Guía para realizar una Auditoria de Seguridad Vial, Primera Publicación año 2003, Antonio Dourthé Castrillón y Jaime Salamanca Candia, Santiago, Chile.

[I.2] Mendoza Díaz Alberto, "Seguridad Vial en Carreteras", 2003, Documento Técnico No. 224, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro. (2003).

[I.3] Sitio de Internet de la Organización Mundial de la Salud (www.who.org), (2010).

[I.4] Ogden, K W, Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering. Avebury Technical, Inglaterra (1996).

[I.5] Sitio de Internet: www.who.int/healthinfo/statistics/bodgbddeathdalyestimates.xls (2010).

[I.6] Vehículos de motor registrados en circulación. Sitio de Internet del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (www.inegi.gob.mx). México (2007).

[I.7] Cuevas, A C, et al, Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales, 2007, Documento Técnico No. 41, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro (2008).

[I.8] Cuevas, A C, et al, Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales, 2006. Documento Técnico No 38, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro (2008).

[I.9] Sitio de internet: www.sinais.salud.gob.mx/mortalidad, del Sistema Nacional de Información en Salud y Dirección General de Información en Salud (2010).

[I.10] Compendio Estadístico de la Mortalidad Registrada por Accidentes. Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (CONAPRA), Secretaría de Salud.

[1.1] Guía para realizar una Auditoria de Seguridad Vial, Primera Publicación año 2003, Antonio Dourthé Castrillón y Jaime Salamanca Candia, Santiago, Chile.

[1.2] Sitio de internet: www.irap.net/library.aspx, “Establishing IRAP in Your Country”, (2010).

[1.3] Sitio de internet: www.eurorap.org/lib, “Technical”, (2010).

[1.4] Sitio de internet: www.ausrap.org/ausrap/library, “Comparing Risk Maps and Star Ratings”, (2010).

[1.5] Sitio de internet: www.usrap.us/home, “Archived Materials”, (2010).

[1.6] Sitio de internet: www.kiwirap.org.nz/pdf_KiwiRAP_reports, “KiwiRAP Risk Map Report 2008”, (2010).

[1.7] Sitio de internet: www.irap.net/countries.aspx, “Irap Partner Countries”, (2010).

[1.1] Sitio de internet: www.irap.net/library.aspx, “Vaccines for Roads”, (2010).