



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

P I T R A

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UE-009-2011

Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica

Identificación de zonas de riesgo de accidentes Rutas 1, 2, 32 y 34

INFORME FINAL

Preparado por:

**Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional
LANAMMEUCR - PITRA**

San José, Costa Rica
Mes, 2011

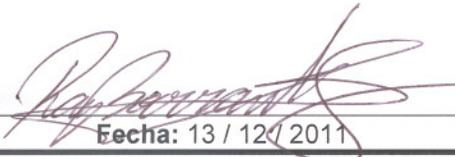
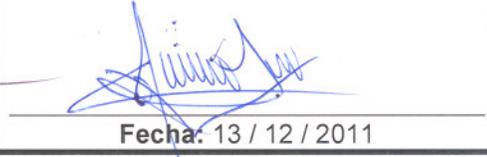
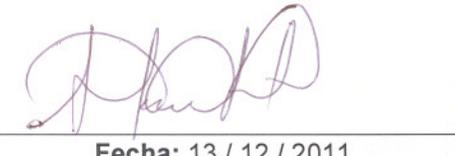
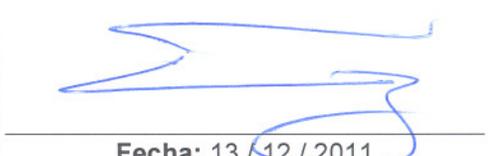
1. Informe LM-PI-UE-009-11		2. Copia No. 1
3. Título: INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO. RUTAS 1, 2, 32 y 34		4. Fecha del Informe Octubre, 2010
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias No Aplican		
9. Resumen <i>Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación cada dos años del estado de la red vial nacional pavimentada, la cual sirve como instrumento eficaz e imparcial de rendición de cuentas y de planificación técnica para la gestión vial y de la inversión pública realizada.</i> <i>Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de las rutas 1, 2, 32 Y 34 están relacionados directamente con la seguridad vial y representan oportunidades de mejora concretas para que la Administración intervenga oportunamente sobre los elementos del entorno que se encuentran bajo su control.</i> <i>En este estudio se evaluó la influencia de los efectos climáticos producto de la precipitación, tanto en cuanto a su intensidad como a su frecuencia, así como características físicas de las rutas como su sinuosidad y pendientes y se combinó con los resultados de las evaluaciones de los parámetros de resistencia al deslizamiento (GRIP NUMBER) y la retroreflectividad de la señalización horizontal, tanto para línea de centro como para las líneas de borde.</i> <i>El estudio muestra el efecto independiente de cada uno de esos parámetros sobre las rutas estudiadas, así como el efecto combinado, permitiendo identificar tramos con distintos niveles de riesgo para los usuarios.</i> <i>Adicionalmente el estudio muestra, en superposición con los tramos detectados, información sobre concentración de accidentes, lo cual permitió identificar algunos puntos de análisis que han sido evaluados por medio de las metodologías definidas en manuales tales como "Guía para la Realización de Auditorías de Seguridad Vial" (Chile-2003).</i> <i>De esta forma el estudio presenta resultados útiles que permiten a la Administración intervenir aquellas zonas de las principales rutas del país donde es posible mejorar aspectos que impacten positivamente en la seguridad de los usuarios de las vías.</i>		
10. Palabras clave Evaluación, red, vial, Nacional, pavimentos, estrategias	11. Nivel de seguridad: Alto	12. Núm. de páginas 57
13. Preparado por:		
Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional  Fecha: 13 / 12 / 2011	Ing. Jairo Sanabria Sandino Evaluador Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional  Fecha: 13 / 12 / 2011	
14. Revisado por:		15. Aprobado por:
Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR  Fecha: 13 / 12 / 2011	Fecha: / /	Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph. D. Coordinador General PITRA  Fecha: 13 / 12 / 2011

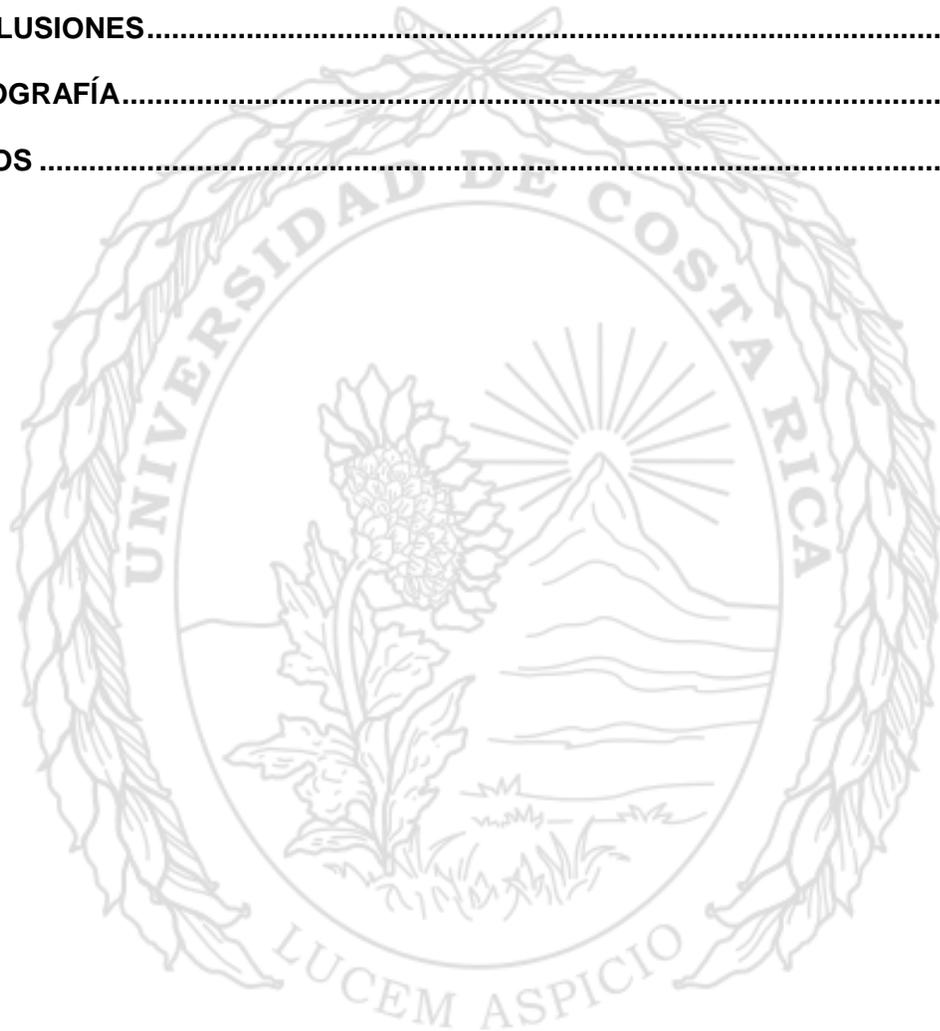


Tabla de Contenido

1	POTESTADES	8
2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE ACCIDENTES EN LAS RUTAS 1, 2, 32 Y 34 AÑO 2010.....	9
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3	INTRODUCCIÓN.....	10
4	METODOLOGÍA Y ALCANCE	14
4.1	COMPONENTES GEOMÉTRICAS INHERENTES DEL ENTORNO.....	14
4.1.1	Tipo de Terreno	15
4.1.2	Alineamiento	16
4.2	VARIABLES CLIMÁTICAS DEL ENTORNO	18
4.2.1	Distribución de días de lluvia.....	18
4.2.2	Precipitación promedio anual	19
4.3	CONDICIONES DE LA INFRAESTRUCTURA.....	20
4.3.1	Equipo de medición del coeficiente de rozamiento de superficie (GRIP).....	21
4.3.2	Equipo de medición de retrorreflectividad de pintura LaserLUX CEN 30	23
4.4	PERFIL DE SUSCEPTIBILIDAD	24
4.5	REVISIÓN DETALLADA DE PUNTOS DERIVADOS DEL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD	25
4.5.1	Equipo de auscultación visual mediante cámaras Trimble GEO 3D.....	26
4.5.2	Listas de Chequeo para Análisis de puntos auscultados	27
5	RESULTADOS.....	29
5.1	RESULTADOS DE MEDICIÓN DE RETRORREFLECTIVIDAD.....	29
5.1.1	Condición de línea de centro	30
5.1.2	Condición de línea de borde	32
5.2	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE AGARRE SUPERFICIAL	35
5.3	PERFIL DE SUSCEPTIBILIDAD	37



5.4	INCORPORACIÓN DE DATOS DE ACCIDENTES EN EL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD	43
5.5	RESULTADOS DEL ANÁLISIS MEDIANTE VALORACIÓN DE SEGURIDAD VIAL.....	45
5.5.1	Resultados del punto R1-P1.....	46
5.5.2	Resultados del punto R2-P10.....	47
5.5.3	Resultados del punto R2-P11.....	48
5.5.4	Resultados del punto R32-P18.....	49
6	CONCLUSIONES.....	50
7	BIBLIOGRAFÍA.....	52
8	ANEXOS	53



Índice de Figuras

<i>Figura 3-1 Combinación de factores contribuyentes a colisiones vehiculares (AASHTO, 2010)</i>	11
<i>Figura 4-1 Clasificación de las secciones de control por tipo de terreno</i>	16
<i>Figura 4-2 Secciones de Control Clasificados por alineamiento</i>	17
<i>Figura 4-3 Distribución porcentual de los días de lluvia al año</i>	19
<i>Figura 4-4 Precipitación Promedio Anual</i>	20
<i>Figura 4-5 Diferencias entre micro y macro textura del agregado en una superficie de ruedo</i>	22
<i>Figura 4-6 Griptester utilizado</i>	22
<i>Figura 4-7 Equipo Laser para medición de retrorreflectividad (LaserLUX CEN 30)</i>	23
<i>Figura 4-8 Esquema del procesamiento general de información para perfiles de susceptibilidad</i>	25
<i>Figura 4-9 Vehículo del LanammeUCR equipado con el equipo Trimble GEO 3D</i>	26
<i>Figura 4-10 Muestra del tipo de datos capturados mediante el Trimble GEO 3D</i>	27
<i>Figura 5-1 Gráfico de retrorreflectividad de la línea de centro</i>	31
<i>Figura 5-2 Mapa de la condición de la línea de centro basado en el valor de retrorreflectividad</i>	32
<i>Figura 5-3 Gráfico de retrorreflectividad de la línea de borde</i>	33
<i>Figura 5-4 Mapa de la condición de la línea de borde basado en el valor de retrorreflectividad</i>	34
<i>Figura 5-5 Gráfico de retrorreflectividad de la línea de borde</i>	36
<i>Figura 5-6 Mapa de la condición del agarre superficial</i>	37
<i>Figura 5-7 Distribución de frecuencias de la superposición de elementos de susceptibilidad</i>	39
<i>Figura 5-8 Distribución Acumulada de Frecuencias de Susceptibilidad</i>	40
<i>Figura 5-9 Condición de susceptibilidad por ruta</i>	41
<i>Figura 5-10 Mapa de la condición de susceptibilidad</i>	42
<i>Figura 5-11 Base de Datos de Accidentes ubicados en las rutas de análisis</i>	43
<i>Figura 5-12 Puntos de Análisis</i>	44
<i>Figura 5-13 Resultados Generales de la valoración de seguridad vial</i>	45

Informe LM-PI-UE-009-2011	Fecha de emisión: 06 de diciembre de 2011	Página 5 de 57
---------------------------	---	----------------



<i>Figura 5-14 Resultados de la Evaluación Punto R1 – P1.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5-15 Resultados de la Evaluación Punto R2 – P10.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5-16 Resultados de la Evaluación Punto R2 – P11.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 5-17 Resultados de la Evaluación Punto R32 – P18.....</i>	<i>49</i>



Índice de Tablas

<i>Tabla 3-1 Ejemplo de matriz de Haddon para identificar Factores contribuyentes(AASHTO, 2010)</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 4-1 Categorías según el tipo de terreno para secciones de control</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4-2 Categorías según el tipo de alineamiento para secciones de control</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4-3 Clasificación según la distribución porcentual de días de lluvia al año</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4-4 Clasificación según la Precipitación Promedio Anual</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 4-5 Categorías generales de las listas de auditoría de seguridad vial</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4-6 Factores de calificación.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5-1 Valores mínimos recomendados de retrorreflectividad(Debaillon, Carlson, He, Schnell, & Aktan, 2007)</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5-2 Resultados de retrorreflectividad de la línea de centro.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5-3 Resultados de retrorreflectividad de la línea de borde</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5-4 Clasificación internacional del pavimento según el GN</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5-5 Resultados de agarre superficial.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5-6 Pesos de susceptibilidad de factores inherentes de las rutas</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5-7 Pesos de susceptibilidad de elementos medidos en las rutas</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5-8 Resultados del perfil de susceptibilidad</i>	<i>40</i>



1 POTESTADES

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 sobre la Simplificación y Eficiencia Tributaria, “*para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...*”, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (en adelante, LanammeUCR), deberá efectuar una evaluación bienal del estado de la Red Vial Nacional pavimentada. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR, como un estudio complementario al que se ha venido realizando de manera sistemática desde el año 2004 y revela importantes oportunidades de mejora para la Administración activa, esta vez en el ámbito de la seguridad vial y las condiciones del entorno en las principales rutas del país.

El estado de conservación o de deterioro de los pavimentos está relacionado directamente con la gestión vial implementada, y por tanto con el programa de inversiones e intervenciones que se ejecuta en la red vial nacional en un periodo dado. Así, la evaluación bienal del estado de la red vial se convierte en una herramienta eficaz para la rendición de cuentas de la gestión de dicha infraestructura, así como brindar a los ingenieros de caminos y planificadores viales una base técnica que facilita la toma de decisiones en relación con dicha gestión.

2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE ACCIDENTES EN LAS RUTAS 1, 2, 32 Y 34 AÑO 2010

2.1 *Objetivo general*

Evaluar los niveles de susceptibilidad presente en las cuatro principales rutas del país (1, 2, 32 y 34) identificando tramos donde se presenten condiciones de riesgo potencial por incumplimiento en parámetros como la retroreflectividad de la demarcación de las carreteras, la peligrosidad al deslizamiento, el clima y la geometría de las vías.

2.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar tramos específicos de las rutas analizadas donde se detecte incumplimiento en la retroreflectividad de la señalización horizontal, tanto en línea de centro como en líneas de borde y figuras y su correlación con el clima y la geometría de las rutas.
- Identificar tramos específicos de las rutas analizadas donde se presenten condiciones de superficies deslizantes y su correlación con el clima y la geometría de las rutas.
- Correlacionar las secciones con una alta susceptibilidad a la ocurrencia de accidentes con las estadísticas disponibles de accidentes en las rutas analizadas.
- Elegir secciones de análisis que permitan realizar una evaluación completa de todos los elementos de la seguridad vial por medio del equipo de imágenes georreferenciadas.
- Plantear las bases para una evaluación sistemática de estos y más parámetros relacionados con la seguridad vial en corredores principales del país.
- Mantener una base de datos actualizada, por medio de los sistemas de información geográfica, de los parámetros técnicos de las carreteras que sea útil para la planificación de proyectos destinados al mejoramiento de la red vial.

3 INTRODUCCIÓN

Mientras es común referirse a la causa de una colisión, la mayoría de colisiones no pueden ser relacionadas a un único evento causal. En vez de eso, las colisiones son el resultado de la convergencia de una serie de eventos que están influenciados por una serie de factores contribuyentes (hora del día, la atención del conductor, velocidad, condición del vehículo, diseño del camino, etc.). Estos factores contribuyentes influyen la secuencia de eventos anteriores, durante y posteriores a una colisión. En términos generales se pueden identificar tres momentos causales dentro de un evento de colisión:

- Los eventos anteriores a la colisión revelan factores que contribuyeron al riesgo de que ocurriera una colisión, y como la colisión pudo haber sido prevenida. Por ejemplo, determinar si los frenos de uno o ambos vehículos involucrados estaban gastados.
- Los eventos durante la colisión revelan factores que contribuyeron a la severidad de la colisión y como soluciones ingenieriles o cambios tecnológicos pueden reducir la severidad de las colisiones. Por ejemplo, determinar si un auto tiene bolsas de aire y si la bolsa de aire se despliega correctamente.
- Los eventos posteriores a la colisión revelan factores que influyen el resultado de la colisión y como el daño y las heridas pueden ser reducidos por mejoras en la respuesta de emergencia y tratamiento médico. Por ejemplo, determinar el tiempo y calidad de la respuesta de emergencia a una colisión.

Las colisiones poseen las siguientes tres categorías de factores contribuyentes

- Humano- incluye la edad, juicio, habilidad del conductor, atención, fatiga, experiencia, sobriedad;
- Vehículo- incluye diseño, manufactura, y mantenimiento ;
- Vía/Ambiente- incluye el alineamiento geométrico, sección transversal, dispositivos de control de tráfico, rugosidad superficial, pendiente, señalización, clima, visibilidad.

Comprendiendo estos factores y cómo estos pueden influenciar la secuencia de eventos, las colisiones y las severidades de colisiones pueden ser reducidas implementando medidas específicas que apuntan a factores contribuyentes específicos. La contribución relativa de estos factores en las colisiones puede ayudar a determinar cómo asignar recursos para reducir colisiones. Investigación por tratamiento en la proporción relativa a los factores contribuyentes es resumida en la Figura 3-1. La investigación fue realizada en 1980 y por lo tanto, las proporciones relativas son mas informativas que valores actuales mostrados.

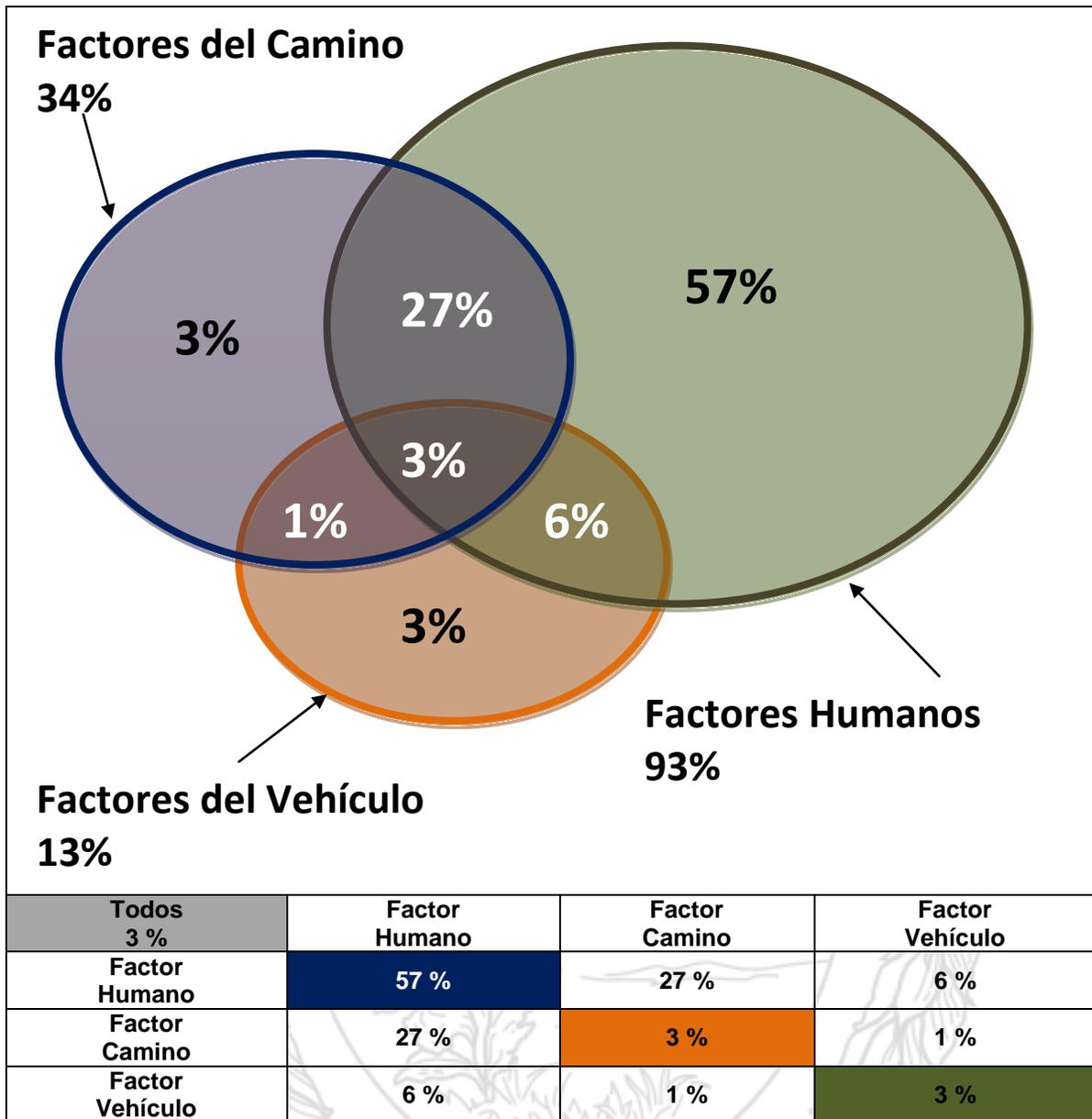


Figura 3-1 Combinación de factores contribuyentes a colisiones vehiculares (AASHTO, 2010)

Un marco para relacionar la serie de eventos en una colisión con las categorías de factores contribuyentes a colisiones es la matriz de Haddon (AASHTO, 2010). La Tabla 3-1 provee un ejemplo de esta matriz. La matriz de Haddon ayuda a crear orden cuando se está determinando cuales de los factores contribuyentes influyen una colisión y cual periodo de la colisión influyen los factores. Los factores listados no intentan ser exhaustivos; son solo ejemplos.

Tabla 3-1 Ejemplo de matriz de Haddon para identificar Factores contribuyentes(AASHTO, 2010)

Periodo	Factores Humanos	Factores de Vehículo	Factores del Camino/ambientales
Factores anteriores a colisión que contribuyen a aumentar el riesgo de colisión	Distracción, fatiga, falta de atención, juicio pobre, edad, uso de celular, hábitos de conducción deficientes	Llantas gastadas, frenos gastados	Pavimento húmedo, agregado pulido, pendiente hacia abajo pronunciada, sistema de señales pobremente coordinado
Factores durante la colisión que contribuyen a la severidad de la colisión	Vulnerabilidad a lesiones, edad, no usar cinturón, velocidad de manejo, sobriedad	Altura del para choques y absorción de energía, diseño del descansa cabezas, operaciones de bolsa de aire	Fricción del pavimento, pendiente, ambiente a los lados de la vía
Factores posteriores que contribuyen al resultado de la colisión	Edad, género	Fácil remoción de pasajeros lesionados	Tiempo y calidad de la respuesta de emergencia, tratamiento médico subsecuente

Considerando los factores contribuyentes a la colisión y con cual periodo del evento de colisión se relacionan soporta el proceso de identificar estrategias de reducción de colisiones apropiadas. Una reducción en colisiones y severidad de colisiones puede ser lograda a través de cambios en:

- El comportamiento de los humanos
- La condición del camino/ambiente
- El diseño y mantenimiento de tecnología, incluyendo vehículos, camino, y la tecnología del ambiente
- La provisión de tratamiento médico de emergencia, tecnología en tratamiento médico, rehabilitación post colisión.
- La exposición a viajes, o nivel de demanda de transporte

Las estrategias para influenciar las anteriores y reducir colisiones y la severidad de colisiones incluyen:

- Diseño, planificación y mantenimiento puede reducir o eliminar colisiones mejorando y manteniendo el sistema de transportes, como ajustar las fases de las señales. La severidad de colisiones también puede ser reducida seleccionando tratamientos apropiados, como el uso de barreras medianeras para prevenir colisiones frontales.
- La educación puede reducir colisiones influenciando el comportamiento el comportamiento humano incluyendo campañas de concientización pública, programas de entrenamiento de conductores, y entrenamiento de ingenieros y doctores.
- Políticas/legislación puede reducir colisiones influenciando el comportamiento humano y el diseño de caminos y automóviles. Por ejemplo, las leyes pueden prohibir el uso del celular mientras conduce, requerimientos mínimos de diseño, uso obligatorio de cascos o cinturones de seguridad
- La ejecución de leyes puede reducir colisiones penalizando comportamiento ilegal, como velocidad excesiva y conducción bajo efectos del alcohol.
- Avances tecnológicos pueden reducir colisiones y severidad en las colisiones minimizando los resultados de una colisión o previniendo la ocurrencia de una colisión conjuntamente. Por ejemplo, los sistemas electrónicos de estabilidad en los vehículos mejoran la habilidad del conductor de mantener el control del vehículo. La introducción de herramientas “mandíbulas de vida” (para remover personas lesionadas de un vehículo) ha reducido el tiempo requerido para proveer servicios médicos.
- Administración de la demanda /reducción a la exposición puede reducir colisiones reduciendo el número de eventos en el sistema de transporte para el cual el riesgo de una colisión puede aumentar. Por ejemplo, incrementar la disponibilidad de tránsito masivo reduce el número de pasajeros en vehículos sobre el camino y por lo tanto una reducción potencial en la frecuencia de las colisiones puede ocurrir debido a menos exposición.

No existe una relación directa entre factores contribuyentes individuales y estrategias particulares para reducir colisiones. Por ejemplo, en una colisión frontal en un camino rural de dos carriles secos, bien iluminados, el camino puede no ser considerado como un factor contribuyente. Sin embargo, la colisión pudo haber sido prevenida si el camino fuera dividido. Entonces, mientras el camino puede no ser listado como un factor contribuyente, cambiar el diseño del camino o invertir en mejorar cualquiera de las condiciones presentes en este informe es una estrategia potencial para prevenir colisiones similares en el futuro.

4 METODOLOGÍA Y ALCANCE

El enfoque de esta valoración se centrará en identificar factores del camino que contribuyen en generar un alto grado de exposición a condiciones adversas para los usuarios, donde el peor escenario lo conforman los accidentes. Se emplearon como datos algunos elementos inherentes de las rutas en análisis y a su vez se analizó el estado actual de elementos necesarios para mantener la seguridad de la ruta, como lo son demarcación horizontal y el agarre superficial, los cuales requieren un constante monitoreo y mantenimiento para asegurar el cumplimiento de sus funciones. El producto final consta de un perfil de susceptibilidad, que se define como la posibilidad de que ocurra un evento ante la confluencia de los factores en estudio.

En esta evaluación se incorpora la aplicación de una metodología adaptada de los análisis de vulnerabilidad, la cual se basa en el empleo de una selección de características relevantes para las rutas en estudio. El estudio se basó en la ponderación individual de pesos en función de categorías de agrupación, para su posterior combinación y análisis de vulnerabilidad total, este tipo de análisis se ha llevado a cabo en distintos tramos de la Red Vial Nacional desde el año 2009.

4.1 Componentes Geométricas Inherentes del Entorno

El primer factor del camino a revisar consta de los componentes geométricos. Existe una amplia cantidad de componentes geométricos en cada ruta, algunos se basan en los componentes horizontales del trazado, otros en las curvas verticales, la presencia de zonas de relleno y de corte de material; cada componente aporta en mayor o menor cuantía riesgos o ventajas asociados al entorno que el usuario debe afrontar.

Para el presente análisis estos componentes deben ser evaluados a un nivel macro o de red lo cual implica que se requieren indicadores que agrupen en forma implícita uno o varios elementos geométricos y represente el tipo de problemas a los cuales se encuentra expuesto el usuario.

Se escogieron dos elementos que representan en forma general el tipo de condiciones verticales y horizontales de la carretera. Para los componentes verticales se empleó el tipo

Informe LM-PI-UE-009-2011	Fecha de emisión: 06 de diciembre de 2011	Página 14 de 57
---------------------------	---	-----------------

de terreno y para las condiciones geométricas horizontales se empleó una categorización basada en la cantidad de curvas por kilómetro como el indicador del tipo de alineamientos presentes en las rutas.

Como datos básicos para el análisis se emplean las clasificaciones de las secciones de control, derivadas de información de sistemas de información geográfica del LanammeUCR y basadas en datos del MOPT actualizados al año 2010.

4.1.1 Tipo de Terreno

La primera categorización comprende las secciones de control según el tipo de terreno que les corresponde. De las bases de datos se cuenta con una clasificación basada en el tipo de terreno mostrado en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Categorías según el tipo de terreno para secciones de control

Categoría del Terreno	Descripción
1	LLANO
2	ALGO ONDULADO
3	MUY ONDULADO
4	MONTAÑOSO

Al aplicar las categorías a las rutas en estudio, se consigue distribuir aspectos de riesgo asociado a la zona o tipo de terreno por la cual se distribuye la infraestructura y que se requieren para el respectivo análisis de susceptibilidad.

Al aplicar las categorías mostradas en la Tabla 4-1 mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica en las rutas de análisis, es posible definir tramos con distintas categorías de terreno y ubicarlos con gran precisión definiéndose así la primera capa en el análisis de susceptibilidad.



Figura 4-1 Clasificación de las secciones de control por tipo de terreno

De la Figura 4-1 se pueden identificar los distintos tramos de las rutas clasificados por el tipo de terreno.

4.1.2 Alineamiento

El segundo componente que se agregó al análisis de características del entorno geométrico, es el alineamiento, para el cual se asocian las clasificaciones derivadas de información de sistemas de información geográfica del LanammeUCR y basadas en datos del MOPT. Para permitir analizar este parámetro se contabilizan la cantidad de curvas presentes en el alineamiento a lo largo de un kilómetro, las categorías asignadas así como su descripción se pueden observar en la

Tabla 4-2.

Informe LM-PI-UE-009-2011	Fecha de emisión: 06 de diciembre de 2011	Página 16 de 57
---------------------------	---	-----------------

Tabla 4-2 Categorías según el tipo de alineamiento para secciones de control

Categoría	Descripción
1	MUY SINUOSO EN EL TRAMO 15 o más [CURVAS/km]
2	CURVAS FRECUENTES EN EL TRAMO 10 - 15 [CURVAS/km]
3	ALGO SINUOSO CON CURVAS CERRADAS 5 - 10 [CURVAS/km]
4	ALGUNAS CURVAS 2 - 5 [CURVAS/km]
5	RECTO CON CURVAS SUAVES 0 - 2 [CURVAS/km]

Al aplicar estos criterios estas categorías en las rutas en análisis se obtiene la Figura 4-2, en la cual se observa la distribución geográfica de esta característica cuyo carácter se puede considerar invariable en la vida útil de la infraestructura.

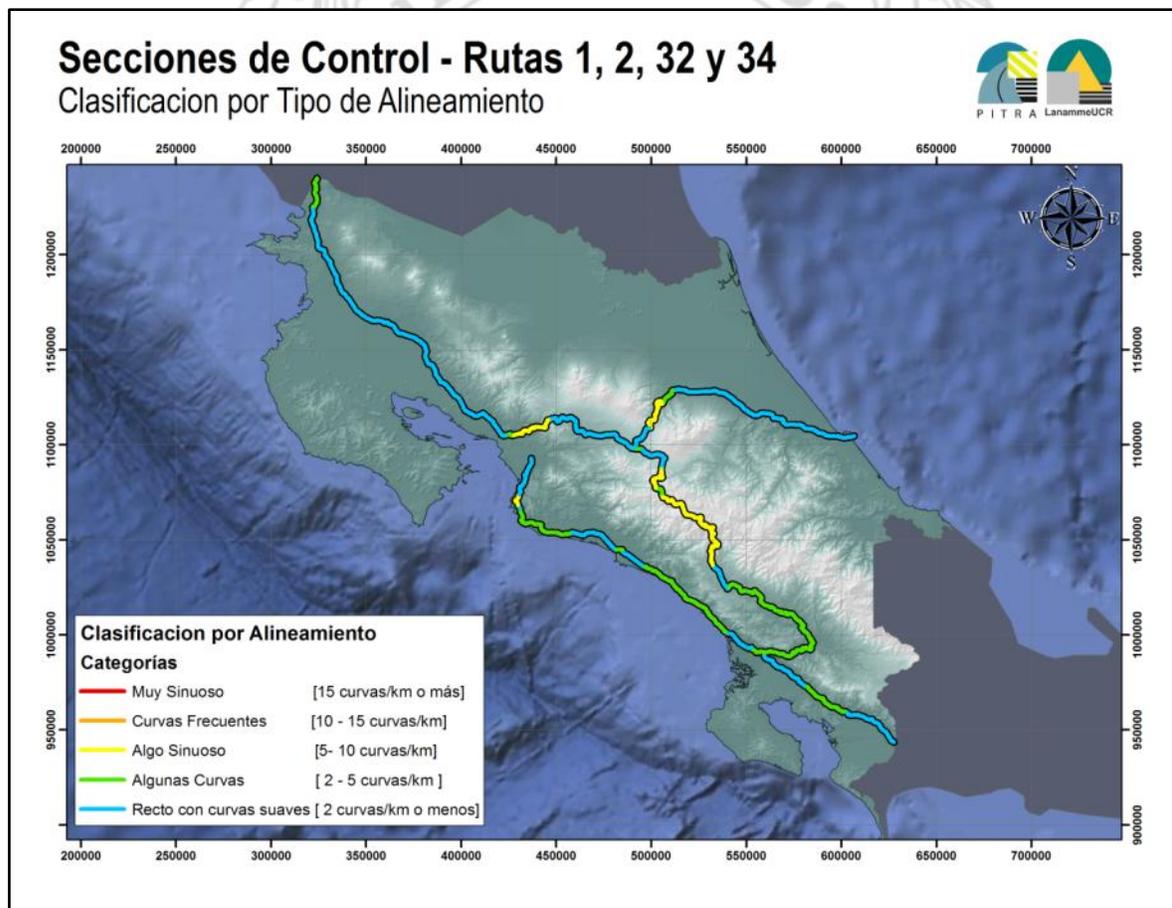


Figura 4-2 Secciones de Control Clasificados por alineamiento

4.2 Variables Climáticas del Entorno

Dentro de la caracterización de los factores del entorno que afectan las rutas, el clima conforma una variable cuya distribución aleatoria y comportamiento basado en cambios estacionales requiere del uso de estadísticos anuales para ponderar el comportamiento y analizar su impacto en la infraestructura.

El análisis emplea dos características, basados en estadísticas anuales:

- La distribución de días de lluvia en un año para todo el país
- La Precipitación Promedio Anual que estima la cantidad de milímetros de agua precipitada en un año basado en las mediciones de estaciones meteorológicas

El uso de estos elementos permite cuantificar la distribución en el tiempo y la distribución espacial de la lluvia y establecer ponderaciones que indiquen el nivel de amenaza al cual se enfrenta un usuario al recorre una ruta, desde un punto de vista climático.

4.2.1 Distribución de días de lluvia

De datos del año 2000 del IMN(Solano & Villalobos, 2000), se desprende la información empleada para definir las distribuciones de días con lluvia al año, este modelo se subdividió en categorías que se muestran en la Tabla 4-3, la cual emplea 5 rangos uniformes para poder calificar las zonas por las cuales pasan las carreteras en estudio.

Tabla 4-3 Clasificación según la distribución porcentual de días de lluvia al año

Categoría	Condición	Descripción
1	Muy bajo	Entre 0 - 20 % de días con lluvia al año
2	Bajo	Entre 20 - 40 % de días con lluvia al año
3	Regular	Entre 40 - 60 % de días con lluvia al año
4	Alto	Entre 60 - 80 % de días con lluvia al año
5	Muy Alto	Entre 80 - 100 % de días con lluvia al año

La Figura 4-3 muestra la distribución de esta clasificación en el mapa de Costa Rica, lo cual permite asignar en forma espacial el indicador empleado para describir la distribución temporal de la lluvia y su influencia sobre las rutas analizadas

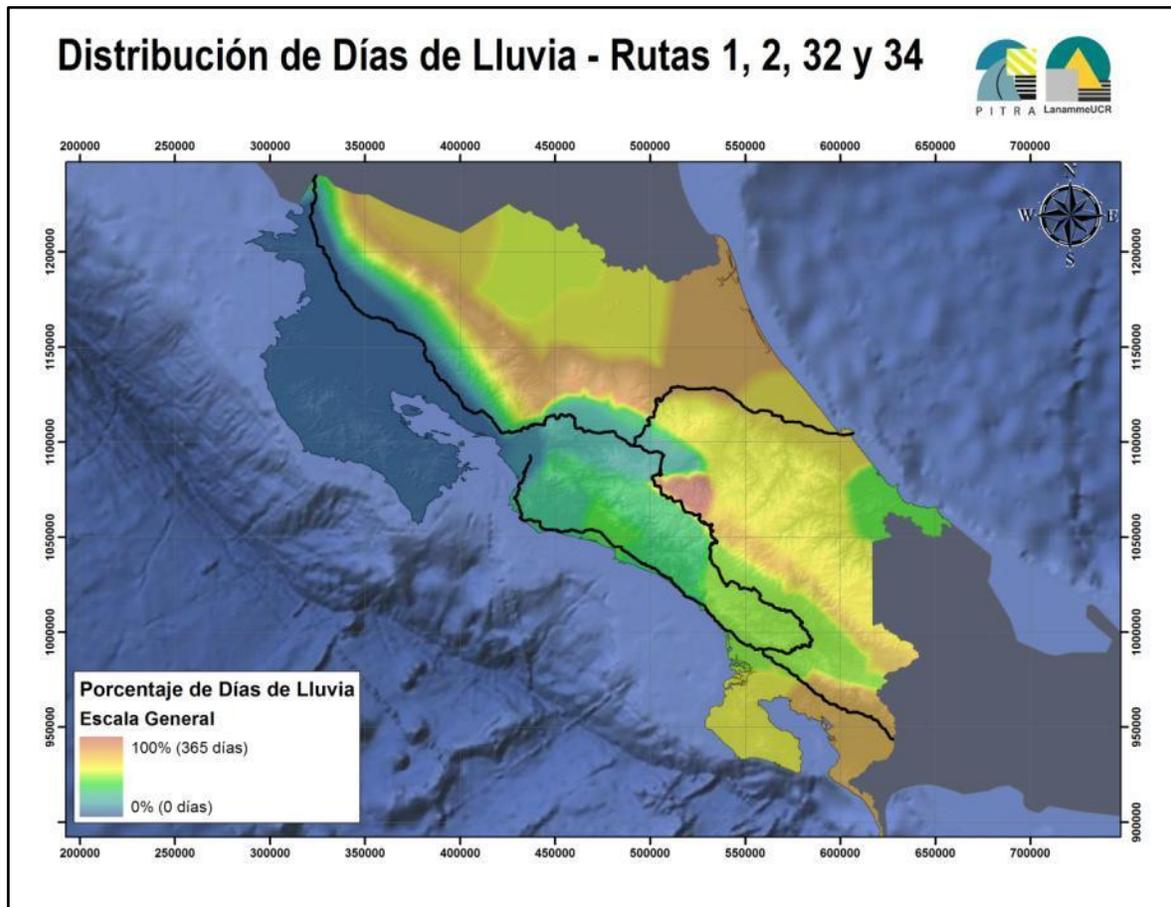


Figura 4-3 Distribución porcentual de los días de lluvia al año

4.2.2 Precipitación promedio anual

Los datos de precipitación promedio anual se derivan de los mapas del atlas climatológico (Barrantes & al, 1986), los cuales permiten inferir los comportamiento globales de la precipitación en el país como un indicador, para poder emplear estos datos se empleo la clasificación de la Tabla 4-4.

Tabla 4-4 Clasificación según la Precipitación Promedio Anual

Categorías	Descripción
1	2000 o menos [mm/año]
2	2000 – 3000 [mm/año]
3	3000 – 4000 [mm/año]
4	4000 o más [mm/año]

La Figura 4-4 muestra en el mapa de Costa Rica como se distribuyen las zonas bajo la clasificación, de esta forma se pueden identificar en las rutas la distribución espacial de la cantidad de lluvia al año.

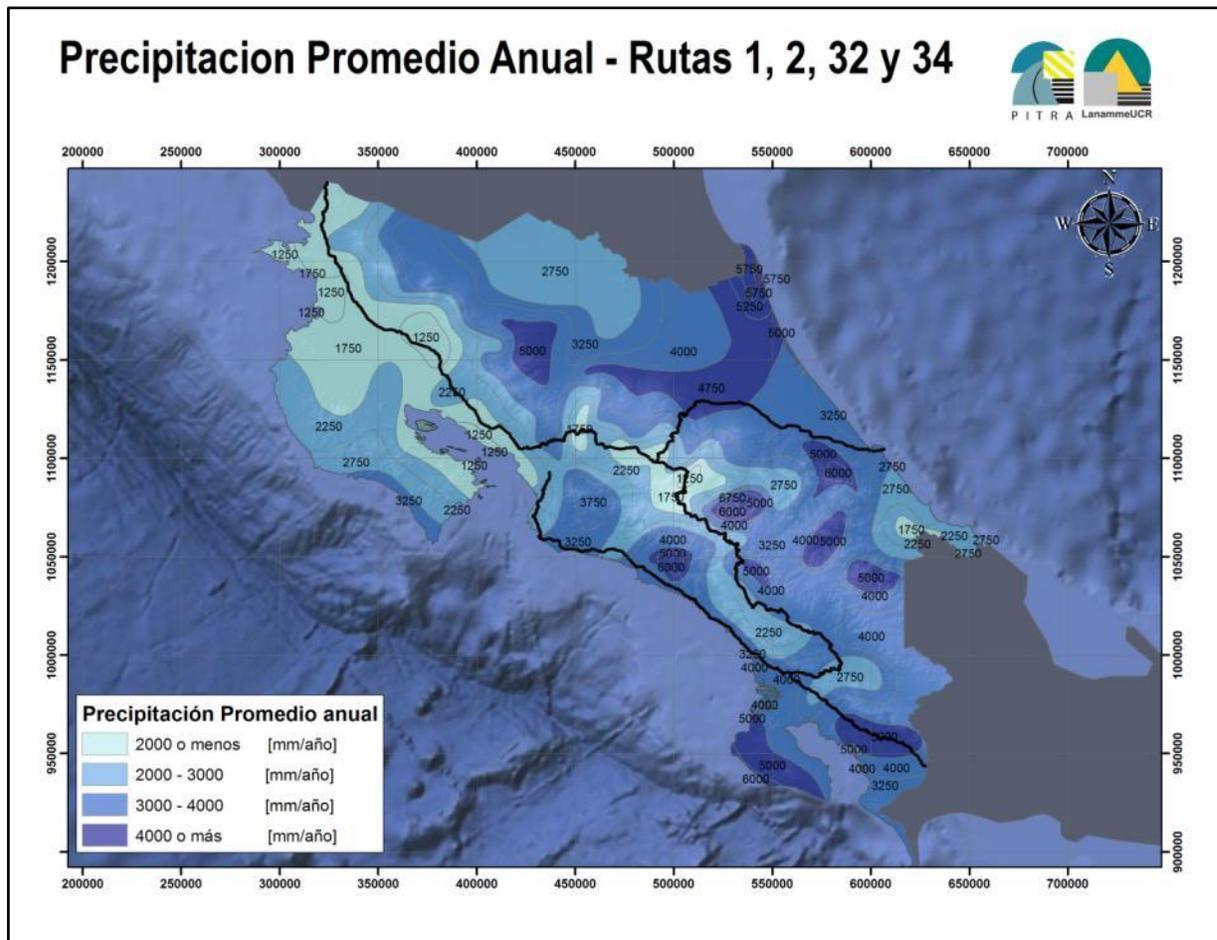


Figura 4-4 Precipitación Promedio Anual

4.3 Condiciones de la Infraestructura

Los elementos restantes del análisis se componen de la medición de parámetros propios de la carretera, se midieron dos características asociadas: la retrorreflectividad de la pintura horizontal (blanca para líneas de borde, amarilla en la línea de centro) y la caracterización que se obtiene del nivel de agarre superficial.

Al integrar estos elementos, se completan los componentes generales requeridos en esta valoración para identificar las zonas donde se concentra el mayor riesgo de accidentes derivados de los factores inherentes del entorno.

4.3.1 Equipo de medición del coeficiente de rozamiento de superficie (GRIP)

Un aspecto muy importante en la seguridad vial, es el nivel de agarre o rozamiento que experimenta la llanta del vehículo con la carretera. A mayor nivel de rozamiento, mayor es la fuerza que trata de oponerse al deslizamiento del vehículo, lo cual es necesario por ejemplo cuando el conductor debe tomar una curva a una velocidad moderada en carreteras principales o rotondas, o cuando debe realizar una frenada de emergencia. Por otro lado, pavimentos con nivel de rozamiento bajo brindan condiciones inseguras para los usuarios, siendo el derrape o pérdida del control del vehículo la causa común de accidentes en rutas que presentan esta condición. Como se deriva de lo anterior, mantener un valor mínimo de rozamiento de la superficie es vital para conservar las condiciones de servicio y seguridad normales de una vía. Varios países cuentan con estudios que relacionan los bajos niveles de rozamiento de un tramo vial con índices más elevados de ocurrencia de accidentes; lo cual indica que se deben mejorar los niveles de rozamiento para reducir la cantidad de accidentes y los gastos asociados con estos.

El nivel de rozamiento de la superficie depende de varios factores, siendo los principales la macro textura y la micro textura de la mezcla asfáltica o concreto utilizado en la vía. La macro textura se relaciona directamente con el tipo de agregado expuesto en la mezcla obtenida; y afecta directamente la capacidad de drenaje del agua en la superficie de la vía. A mayor macro textura, mejor esta capacidad, pero en detrimento del desgaste de las llantas de los vehículos que por dicha ruta circulan. A menor macro textura, menor la capacidad de drenaje de la carretera, que ante ciertas condiciones de cantidad de agua superficial y velocidad de los vehículos produce el fenómeno llamado hidropelaneo: la llanta no se encuentra en contacto directo con la superficie, sino que entre ambos se forma una pequeña película de agua, lo que conlleva a la pérdida del control del vehículo al maniobrar.

Por otra parte, la microtextura depende directamente de la superficie del agregado expuesto en la mezcla, y es la que brinda la adhesión entre este agregado y la llanta. La piedra con poca resistencia o que se pule fácilmente con el paso del tránsito (como por ejemplo el agregado calizo) es por tanto poco apta para utilizarla en mezclas usadas en superficies de ruedo. La Figura 4-5 ilustra lo expuesto anteriormente.

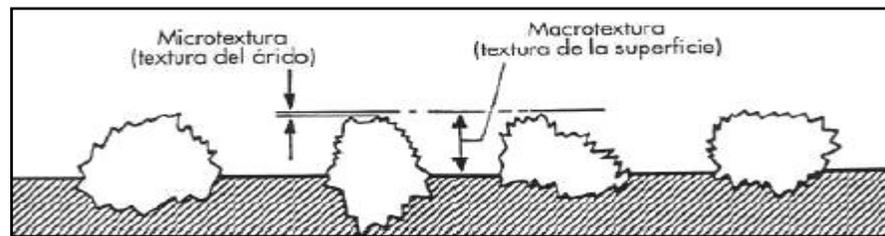


Figura 4-5 Diferencias entre micro y macro textura del agregado en una superficie de ruedo

El equipo utilizado por el LanammeUCR para medir el coeficiente de rozamiento es del tipo que utiliza una rueda parcialmente bloqueada en dirección de la trayectoria seguida, y es conocido a nivel internacional como Griptester. Dado que la condición húmeda de una carretera es la condición que ofrece el menor rozamiento, el equipo posee una bomba y una reserva capaz de generar una película de agua constante al frente de la rueda; mediante sensores, el equipo calcula directamente la fuerza de arrastre ejercida sobre ésta y obtiene el gripnumber o medición de rozamiento. Este valor puede relacionarse con el coeficiente internacional de fricción IFI, si se conoce la textura de la superficie de ruedo. La ventaja de este aparato es su facilidad de operación, su reducido tamaño que no necesita de un vehículo dedicado, y que permite tomar mediciones continuas en las carreteras (ver Figura 4-6).



Figura 4-6 Griptester utilizado

4.3.2 Equipo de medición de retroreflectividad de pintura LaserLUX CEN 30

Dentro de los aspectos fundamentales en el diseño y operación de una vía se encuentra la demarcación horizontal, la cual se encuentra en función de las características geométricas de la carretera y debe ser capaz de informar a los usuarios el sentido de tránsito, la delimitación de la zona de rodaje, la cantidad de carriles, zonas de seguridad (islas), maniobras de manejo permitidas (zonas de adelantamiento y zonas de restricción del mismo), todos estos factores dependen de aspectos de ingeniería de tránsito, siendo el factor determinante para que la demarcación sea efectiva la visibilidad de los elementos empleados.

Durante el día o en presencia de iluminación la escala cromática debidamente normada y el adecuado contraste de los elementos de demarcación definen si la visibilidad es adecuada, pero el factor de seguridad está incompleto si los elementos no pueden ser visualizados durante la noche o en ausencia de iluminación por parte del entorno, la característica requerida en este caso se conoce como retroreflectividad y es un elemento que requiere su medición mediante equipos para asegurar que la demarcación horizontal satisface las necesidades de los usuarios mientras transitan.



Figura 4-7 Equipo Laser para medición de retroreflectividad (LaserLUX CEN 30)

Para cuantificar este parámetro de la demarcación el LanammeUCR emplea un retrorreflectómetro de alto desempeño LaserLUX CEN 30, mostrado en la Figura 4-7, el cual basa su modo de operación en la ASTM E1710, y permite medir en forma continua los valores de retrorreflectividad de la demarcación horizontal.

El LaserLUX CEN 30 mediante un barrido laser mide los valores de retrorreflectividad de la pintura. A velocidades de operación de 100 km/h genera más de 720 mediciones/km. generando información georreferenciada y estacionada que pondera los valores obtenidos en tramos de 100 m. Los valores obtenidos se comparan con un conjunto de categorías derivadas de la investigación investigaciones de valores mínimos recomendados de retrorreflectividad para la demarcación horizontal denominada *Updates to Research on Recommended "Minimum Levels for Pavement Marking Retroreflectivity to Meet Driver Night Visibility Needs"* (Debaillon, Carlson, He, Schnell, & Aktan, 2007)

4.4 Perfil de Susceptibilidad

Para el cálculo del perfil de susceptibilidad se emplea el principio de superposición de factores, para este efecto se procede a asignar pesos que asocien el valor obtenido en un tramo con el nivel de susceptibilidad empleando una escala genérica de pesos entre 0 y 10, para los factores antropogénicos del entorno cuya característica se puede medir (retrorreflectividad, garre superficial) y valores entre 0 y 5 para los factores propios del entorno que afectan en forma directa el pero cuya condición no se puede controlar o cambiar debido a su naturaleza.

Se emplean tramos 100 metros como la unidad de análisis y se asignan los pesos correspondientes para todos los factores involucrados en el estudio. Una vez caracterizadas las unidades de análisis se suman los pesos asignados a los factores, entre mayo sea el numero obtenido por la suma de factores la cantidad de elementos críticos presentes en la unidad de análisis es mayor. La distribución de frecuencias sirve como herramienta para analizar la distribución de los datos respecto a la media y el uso de la curva de mejor ajuste que cuantifique el nivel de variabilidad del modelo empleado.

El análisis de la curva de acumulación de frecuencias se emplea para analizar los cambios del comportamiento permitiendo separar en rangos las frecuencias obtenidas en el análisis. La Figura 4-8 ejemplifica el proceso de análisis empleado, el cual se basa en identificar zonas donde confluyen los factores en análisis, se pondera en forma numérica los diversos elementos mediante pesos, a mayor valor el peso para cada componente asignado refleja una condición más crítica y las unidades de análisis suman estos valores para identificar el nivel de susceptibilidad, generalmente todos los resultados se muestran en un mapa que respeta la convención de categorías de la curva de frecuencias acumuladas.

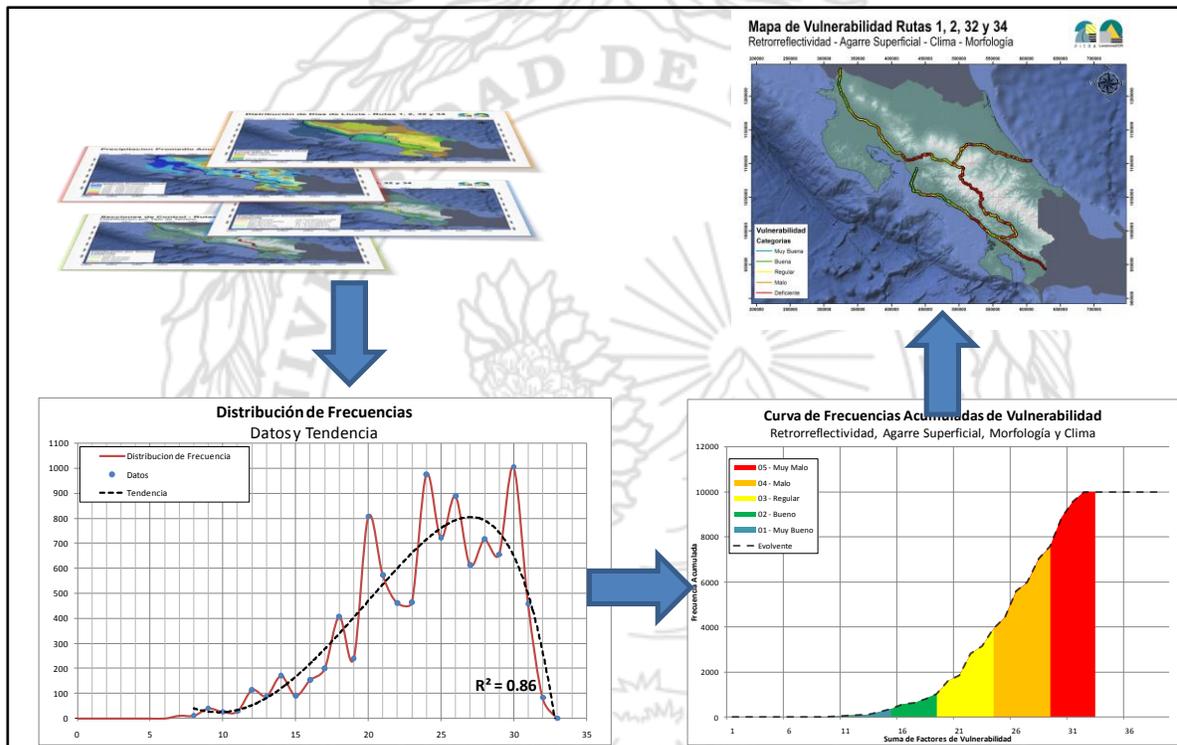


Figura 4-8 Esquema del procesamiento general de información para perfiles de susceptibilidad

4.5 Revisión detallada de puntos derivados del análisis de susceptibilidad

El componente restante del estudio se basa en la selección de los tramos de estudio, cuya susceptibilidad califique como alta dentro de las categorías de análisis, a fin de calibrar el tipo de resultados obtenidos y definir las necesidades de las zonas valoradas como críticas.

4.5.1 Equipo de auscultación visual mediante cámaras Trimble GEO 3D

El sistema de auscultación visual configurado para el LanammeUCR, cuenta con 6 cámaras de alta definición y una caracterización detallada las características de los lentes, sus posiciones y ángulo de las cámaras con respecto a un sistema de coordenadas locales basadas en el vehículo a fin de emplear el principio de fotogrametría. En forma simultánea el sistema integra sistemas de posicionamiento global combinando los sistemas de DMI, IMU y GPS a fin de que el sistema de posicionamiento global pueda brindar la posición exacta del vehículo basado en coordenadas geográficas u otro sistema de referencia, aún ante la pérdida temporal de la señal de satélites para el GPS u otro de sus componentes de posicionamiento global sin comprometer el nivel de detalle de la información obtenida.



Figura 4-9 Vehículo del LanammeUCR equipado con el equipo Trimble GEO 3D

En la Figura 4-9 se muestran distintos ángulos y elementos del vehículo empleado para la toma de datos, los datos que se extraen equivalen a imágenes sincronizadas donde se analizan los elementos presentes en la vía en forma cualitativa mediante observación y ubicación de elementos, así como el uso de elementos cuantitativos para definir dimensiones lineales y de área, la Figura 4-10 muestra el tipo de salida de datos que se obtiene del equipo.

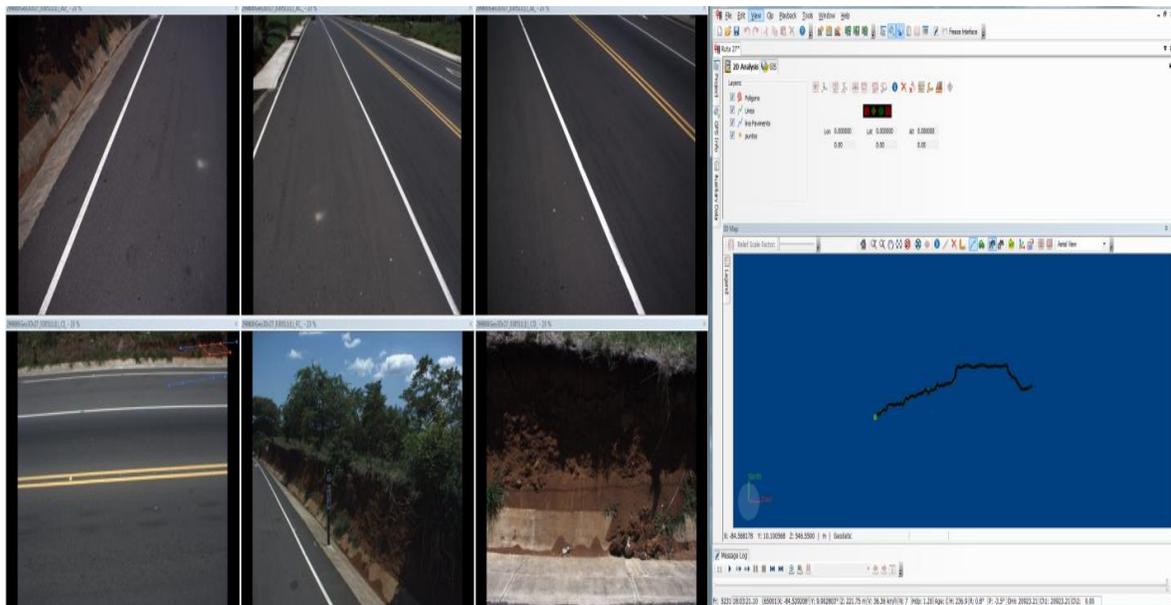


Figura 4-10 Muestra del tipo de datos capturados mediante el Trimble GEO 3D

Como parte de la información básica necesaria para establecer los puntos de análisis de la ruta se requiere el perfil de susceptibilidad y superponer información de accidentes para encontrar zonas donde la confluencia de accidentes coincida con las condiciones de susceptibilidad asignadas.

4.5.2 Listas de Chequeo para Análisis de puntos auscultados

Para esta etapa de la evaluación se utilizó una lista de chequeo adaptada de la “Guía para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial” (Dourthé & Salamanca, 2003), con el fin de examinar de manera exhaustiva zonas de interés de las rutas en análisis e informar sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de seguridad vial. Los tramos de análisis se eligen combinando los resultados de susceptibilidad descrito en los apartados iniciales de este informe y los tramos donde se han reportado mayor concentración de accidentes. La longitud de evaluación definida para estos tramos es de 500 m que describen un punto central seleccionado.

La Tabla 4-5 muestra las categorías generales que entran en este análisis y los valores asignados para ponderar su importancia entre los elementos a evaluar, cada categoría se subdivide en varias preguntas o ítems a calificar. Como referencia revisar ANEXO 1.

Tabla 4-5 Categorías generales de las listas de auditoría de seguridad vial

Categoría	Ítem	Puntos Asignables
A	Alineamiento y Sección Transversal	2
B	Carriles de aceleración o desaceleración	4
C	Intersecciones	8
D	Señalización Vertical e Iluminación	15
E	Demarcación y delineación	15
F	Barreras de contención y zonas de despeje lateral	7
G	Semáforos	7
H	Peatones y ciclistas	9
I	Puentes y alcantarillas	8
J	Pavimentos	8
K	Provisión para los vehículos pesados	4
L	Cauces de agua e inundaciones	8
M	Varios	5
N	Alineamiento y Sección Transversal	2

Para cada caso se emplea una calificación de condición que dependerá del tramo seleccionado requiriendo un análisis inicial de si los ítems aplican o no, un ejemplo sería un tramo de carretera de montaña donde no se encuentren intersecciones, donde los valores de la categoría C no ponderan para generar la nota final de 100% de cumplimiento.

Los factores de condición se muestran en la Tabla 4-6, y permiten calificar cada ítem valorando los grados de cumplimiento como totales o parciales, para contabilizar los puntos obtenidos en cada categoría.

Tabla 4-6 Factores de calificación

Revisión Preliminar	Condicion	Factor
No Analizar	N/A - No aplica	0
	B - Buena	1
Analizar	R - Regular	0.5
	M - Mala	0

El resultado final para los tramos en análisis corresponde a una calificación basada en el total de puntos calificables de una ruta y el grado porcentual de cumplimiento de los mismos.

5 RESULTADOS

Se llevaron a cabo mediciones para 1000 km de Red Vial Nacional, específicamente para las rutas 1, 2, 32 y 34. Los elementos que se midieron en las rutas de análisis corresponden a las características de retrorreflectividad y de agarre superficial, así como la ponderación de los factores climáticos y del terreno; finalmente se empleo un análisis de puntos denominados como críticos, para los cuales se empleo el equipo de auscultación visual para cuantificar la presencia de los elementos valorados en auditorias de seguridad vial.

El otro elemento evaluado es el agarre superficial, el cual define niveles de exposición a los cuales se somete al usuario cuando transita la vía y la posibilidad de derrapar en presencia de condiciones húmedas, este parámetro se asocia a la capacidad de frenado que permite la vía en ciertas condiciones extremas.

Dentro de los factores del estudio cuya condición se encuentra sujeta a las intervenciones realizadas por parte la Administración se encuentran la retrorreflectividad y el agarre superficial. Estos factores deben su desempeño al nivel de mantenimiento y monitoreo, así como a la calidad de los materiales y prácticas constructivas, siendo la presente valoración una herramienta útil para definir el grado de susceptibilidad al cual se encuentran expuestas algunas zonas de las rutas en estudio. Esta valoración de susceptibilidad permite priorizar las zonas acorde al riesgo e importancia de las zonas encontradas.

5.1 *Resultados de medición de retrorreflectividad*

La medición de retrorreflectividad se lleva a cabo para dos elementos de la carretera, la línea de centro de color amarillo y la línea blanca de borde y permite a los usuarios conocer datos de suma importancia para la seguridad de la ruta tal como zonas que permitan o restrinjan el adelantamiento, a su vez las líneas de borde de color blanco y las señales horizontales presentes indican los elementos restantes de la ruta como el ancho del que disponen los usuarios, presencia de uno o más carriles y las velocidades de operación, siendo la retrorreflectividad de la demarcación la medida más adecuada del grado de desempeño para las condiciones críticas a las cuales se pueden enfrentar el usuario.

Para calificar los valores que se obtienen por parte del equipo se emplean las recomendaciones de retrorreflectividad mínimos de operación definidos por investigaciones de la FHWA mostrados en la tabla (Debaillon, Carlson, He, Schnell, & Aktan, 2007)

Tabla 5-1 Valores mínimos recomendados de retrorreflectividad(Debaillon, Carlson, He, Schnell, & Aktan, 2007)

	Color de la demarcación	Caminos Rurales < 40 mph	Carretera Secundarios 45 - 55 mph	Carretera Principal > 60 mph
Con Captaluces	Blanco	30 mcd/lx/m ²	35 mcd/lx/m ²	70 mcd/lx/m ²
	Amarillo	30 mcd/lx/m ²	35 mcd/lx/m ²	70 mcd/lx/m ²
Sin Captaluces	Blanco	85 mcd/lx/m ²	100 mcd/lx/m ²	150 mcd/lx/m ²
	Amarillo	55 mcd/lx/m ²	65 mcd/lx/m ²	100 mcd/lx/m ²

Debido a lo heterogéneo de las rutas y la presencia recurrente de captaluces por tramos, se emplea la categoría que incluye los captaluces para evaluar los resultados que se obtuvieron por parte de esta medición. Se empleo como un valor límite de referencia 150 mcd/lx/m² para definir aquellas condiciones que cumplen para cualquier categoría de los valores mínimos recomendados.

5.1.1 Condición de línea de centro

La medición de retrorreflectividad de las líneas de centro nos indica que de 1000 km evaluados 728 km (72 %) no brindan los niveles mínimos aceptables para señalización horizontal y por otra parte los valores aceptables solo conforman 192 km (19%). En el caso de valores muy buenos únicamente se detectan 80.2 km (8 %) principalmente en la ruta 34. El desglose de los datos se puede observar en la Tabla 5-2 y la Figura 5-1.

Tabla 5-2 Resultados de retrorreflectividad de la línea de centro

Clasificación	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 32		Ruta 34		Total
Muy Bueno	7.10 km	2.45%	26.00 km	7.42%	13.20 km	8.43%	33.90 km	16.63%	80.20 km
Bueno	40.30 km	13.92%	33.60 km	9.59%	47.30 km	30.19%	71.10 km	34.87%	192.30 km
Malo	242.20 km	83.63%	290.70 km	82.99%	96.16 km	61.38%	98.90 km	48.50%	727.96 km
Total	289.60 km		350.30 km		156.66 km		203.90 km		1000.46 km

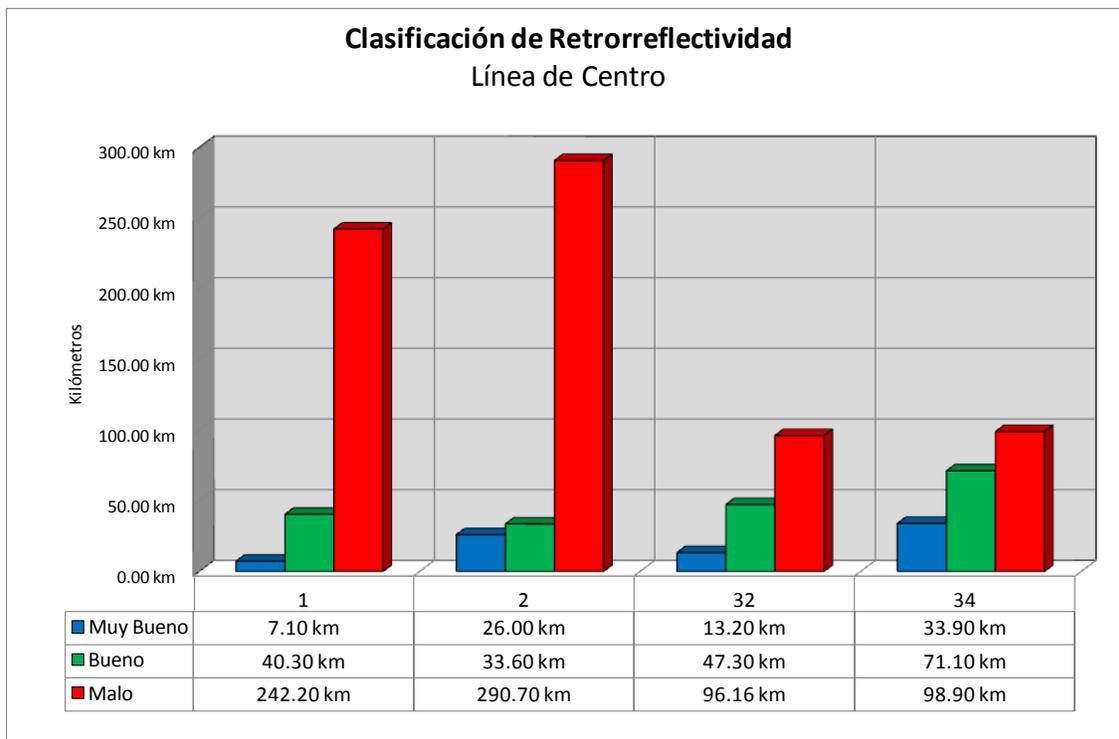


Figura 5-1 Gráfico de retroreflectividad de la línea de centro

La Figura 5-1 permite apreciar la diferencia cuantitativa de kilómetros a intervenir para mejorar las condiciones evaluadas de retroreflectividad de línea de centro, las rutas 2 y 1 poseen una mayor longitud evaluada y presentan una relación de incumplimiento de retroreflectividad superior al 80%.

Estos resultados se pueden apreciar en la Figura 5-2 donde se logra apreciar la distribución geográfica de las condiciones evaluadas. Las zonas de color rojo representan los valores de retroreflectividad que no superan los 70 mcd/lux/m² definido como el valor mínimo recomendado, las zonas de color verde corresponden al rango entre 70 – 150 mcd/lux/m² mientras que el color celeste representa las zonas cuya retroreflectividad cumple para cualquiera de las condiciones de valor mínimo de retroreflectividad especificado en la Tabla 5-1, estos valores corresponden a las especificaciones para la pintura de color amarillo en presencia de captaluces.

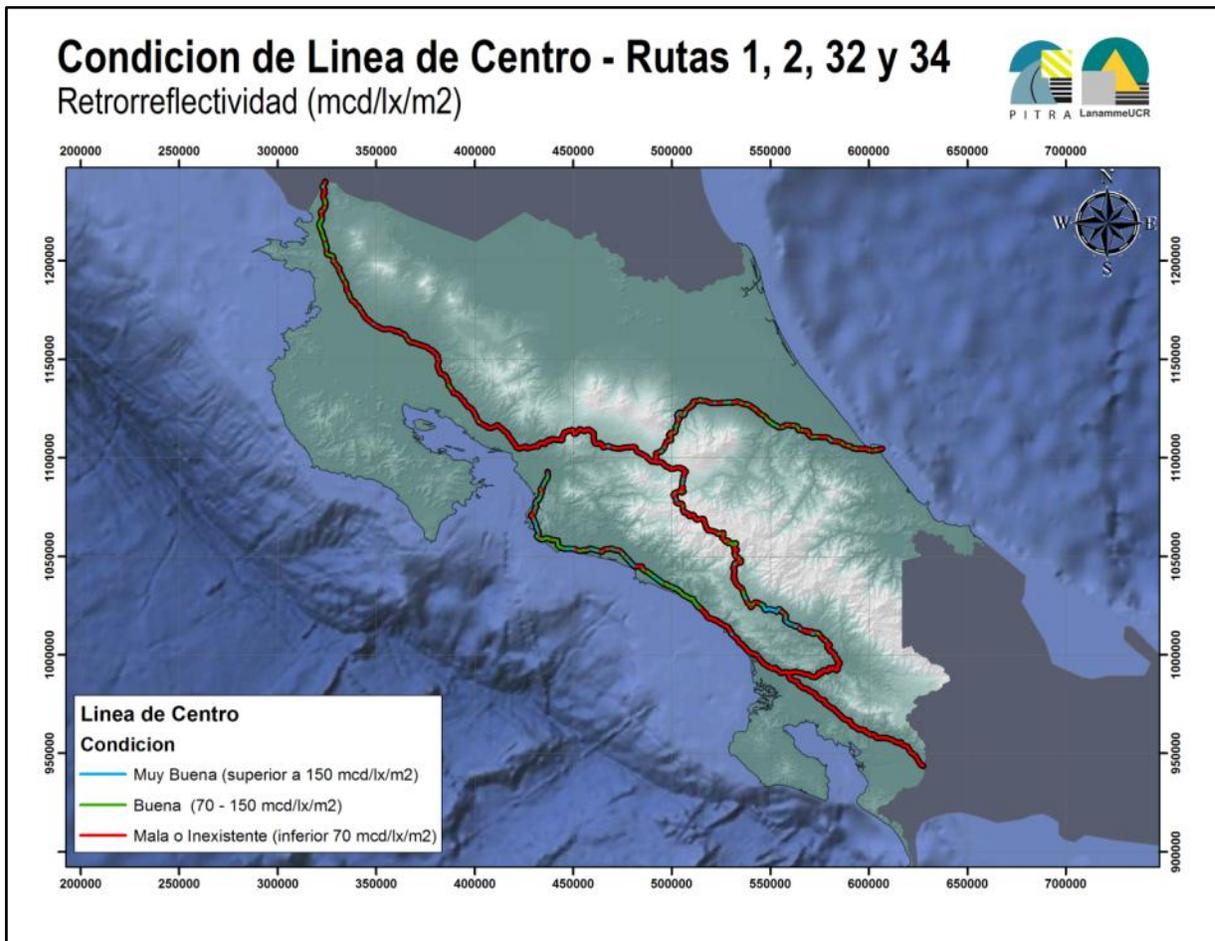


Figura 5-2 Mapa de la condición de la línea de centro basado en el valor de retroreflectividad

5.1.2 Condición de línea de borde

La medición de retroreflectividad de las líneas de borde y figuras nos indica que de 1000 km evaluados 721 km (72 %) no brindan los niveles mínimos aceptables para señalización horizontal y los valores aceptables solo conforman 165 km (17%), en el caso de valores muy buenos únicamente se detectan 113 km (11 %) principalmente en la ruta 34. El desglose se encuentra en la y la Figura 5-3.

Tabla 5-3 Resultados de retrorreflectividad de la línea de borde

Clasificación	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 32		Ruta 34		Total
Muy Bueno	37.50 km	12.95%	15.20 km	4.34%	29.50 km	18.83%	30.90 km	15.15%	113.10 km
Bueno	80.60 km	27.83%	28.20 km	8.05%	14.30 km	9.13%	42.30 km	20.75%	165.40 km
Malo	171.50 km	59.22%	306.90 km	87.61%	112.86 km	72.04%	130.70 km	64.10%	721.96 km
Total	289.60 km		350.30 km		156.66 km		203.90 km		1000.46 km

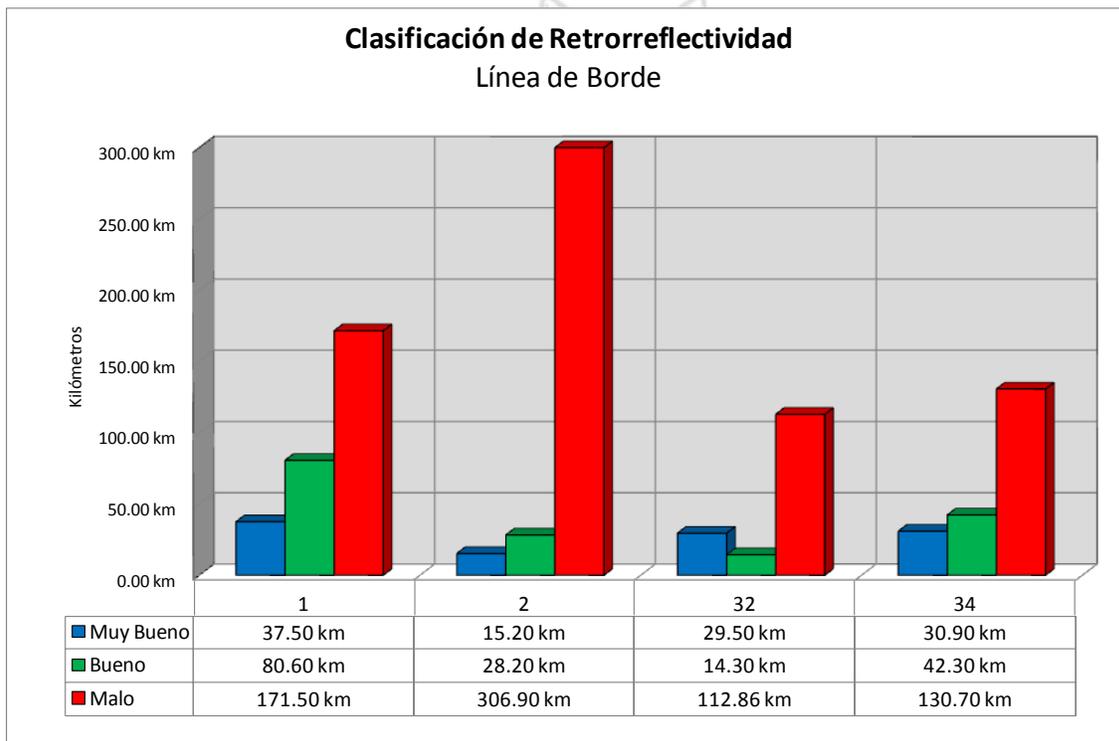


Figura 5-3 Gráfico de retrorreflectividad de la línea de borde

Al igual que en el apartado 5.1.1 se emplea la Tabla 5-1 para definir los valores mínimos recomendados, para la línea de borde la Figura 5-3 permite apreciar la diferencia cuantitativa de kilómetros a intervenir para mejorar las condiciones evaluadas de retrorreflectividad de línea de borde y figuras, las rutas 2 mantiene una relación de incumplimiento de retrorreflectividad superior al 80%, mientras que en línea de borde la ruta 1 incumple en un 59%, en este componente las rutas 32 y 34 presentan un incremento del porcentaje de incumplimiento de 10% con respecto al valor obtenido para la línea de centro. La ubicación de los resultados obtenidos se puede apreciar en la Figura 5-4

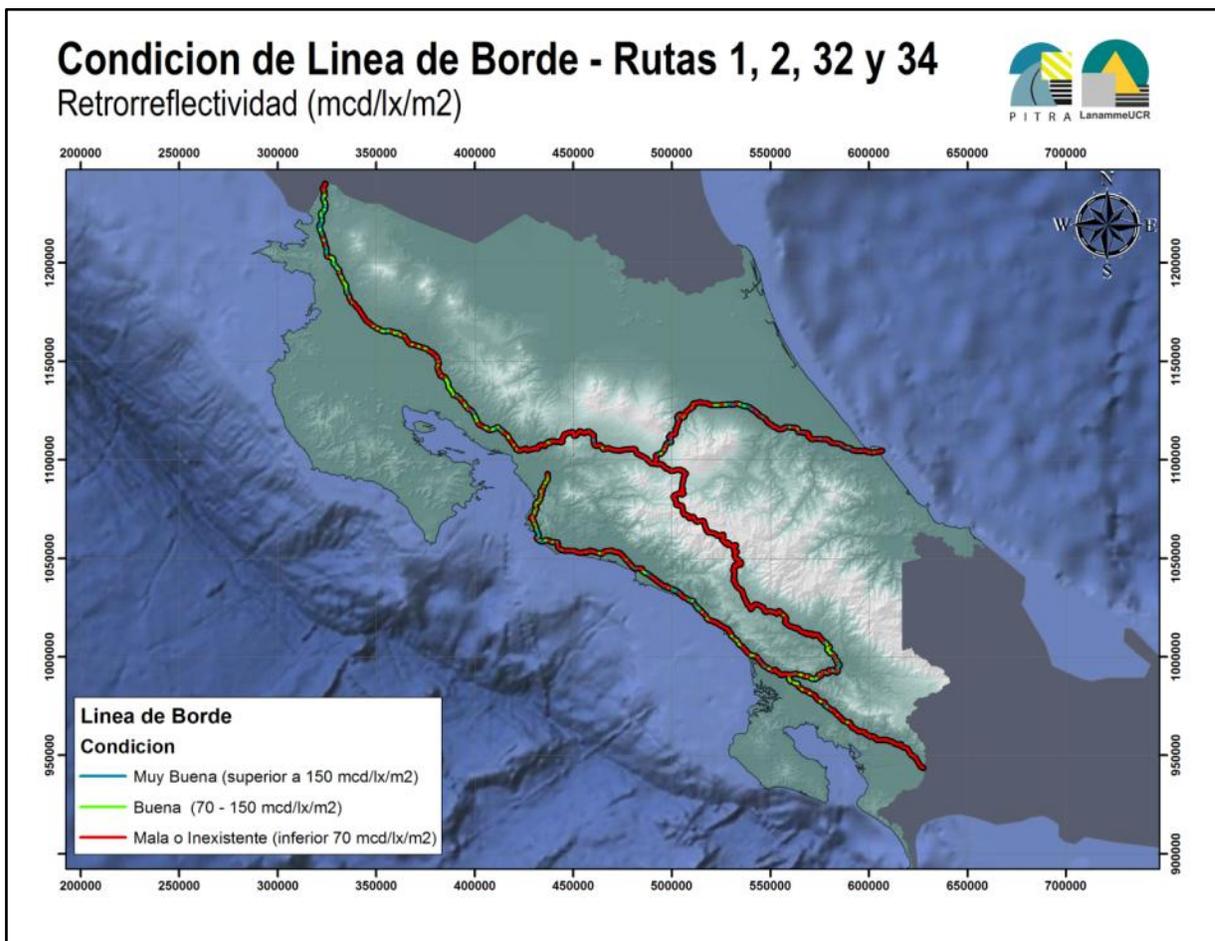


Figura 5-4 Mapa de la condición de la línea de borde basado en el valor de retroreflectividad

Se puede apreciar en la Figura 5-4 el uso de zonas de color rojo para los valores de retroreflectividad que no superan los 70 mcd/lux/m² definido como el valor mínimo recomendado, las zonas de color verde corresponden al rango entre 70 – 150 mcd/lux/m² mientras que el color celeste representa las zonas cuya retroreflectividad cumple para cualquiera de las condiciones de valor mínimo de retroreflectividad especificado en la Tabla 5-1, cabe destacar que las especificaciones para pintura blanca y pintura amarilla difieren en sus rangos y valores, pero para la pintura en presencia de captaluces los valores se unifican dentro de los mismo rangos.

5.2 Resultados de la medición de agarre superficial

Los valores obtenidos para este apartado provienen de la Evaluación de la Red Vial Nacional 2010 -2011, la valoración de los datos obtenidos se califica acorde a la clasificación internacional del pavimento asociada al grip number (GN) mostrado en la Tabla 5-4 y que analiza el valor calculado por el equipo de campo.

Tabla 5-4 Clasificación internacional del pavimento según el GN

GN	Condición	Nivel			Categoría
		Deslizamiento	Peligrosidad	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy peligroso	mayor a 20	4
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Peligroso	16 a 20	3
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderado	10 a 16	2
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Seguro	menor a 10	1

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004.

Los resultados obtenidos para las rutas en análisis se muestran en la

Tabla 5-5 y la Figura 5-6. Del total de kilómetros evaluados los valores rondan cerca de 509 km en mala condición (51%), 274 km en condición regular (28%), 164 km en buena condición (16%) y el restante 52.3 km en muy buena condición (5%).

Tabla 5-5 Resultados de agarre superficial

Clasificación	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 32		Ruta 34		Total
Muy Bueno	15.3 km	5.3%					37.0 km	18.1%	52.3 km
Bueno	77.7 km	26.8%	7.0 km	2.0%	25.6 km	16.3%	53.7 km	26.3%	164.0 km
Regular	136.7 km	47.2%	65.8 km	18.8%	42.0 km	26.8%	30.2 km	14.8%	274.7 km
Malo	59.9 km	20.7%	277.5 km	79.2%	89.1 km	56.9%	83.0 km	40.7%	509.5 km
Total	289.60 km		350.30 km		156.66 km		203.90 km		1000.46 km

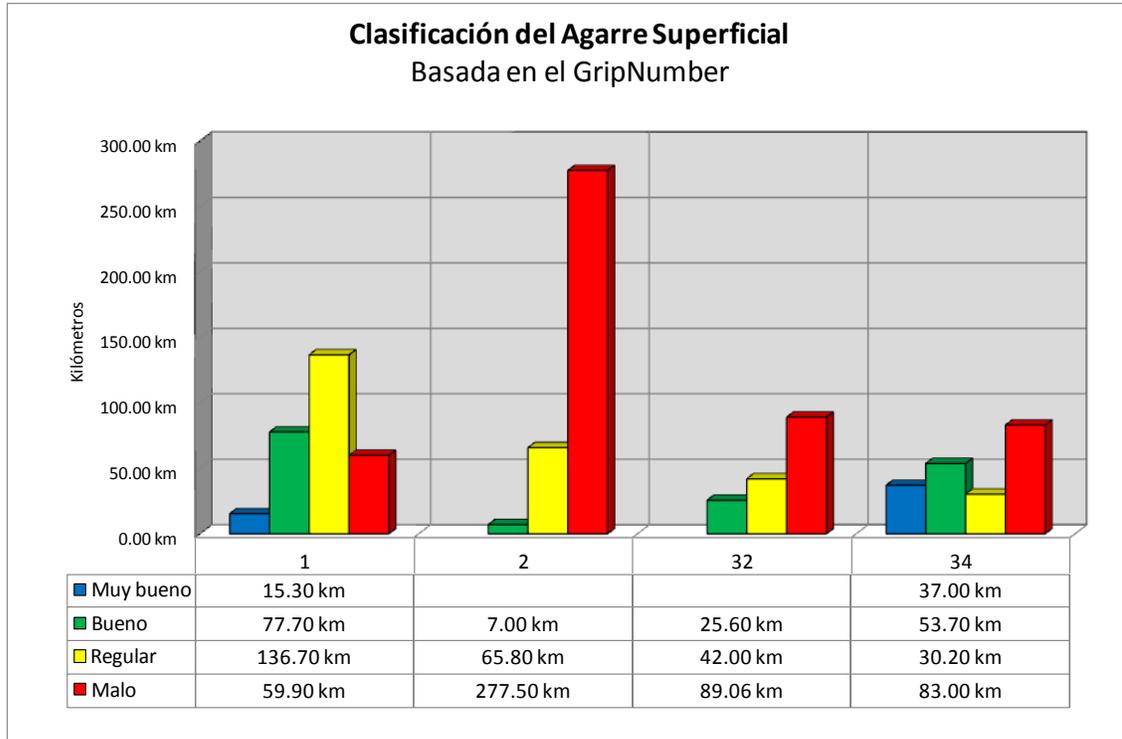


Figura 5-5 Gráfico de retrorreflectividad de la línea de borde

Al graficar los resultados en forma separada para cada ruta, se puede observar como de los 509 km cuya condición de agarre es mala, la ruta contabiliza 277.5 km, más de la mitad de los kilómetros valorados en esta condición. Para el resto de la rutas las categorías muestran comportamientos variados que se pueden observar los resultados obtenidos en forma geográfica en la Figura 5-6.



Figura 5-6 Mapa de la condición del agarre superficial

5.3 Perfil de susceptibilidad

Para conseguir el perfil de susceptibilidad se emplean las unidades de análisis de 100 m, dichas unidades reúnen todos los aspectos básicos del estudio, para cada elemento se procede a emplear escalas de ponderación que se asocian a la categoría o condición de cada componente.

Para las condiciones inherentes de la ruta o condiciones cuyo efecto es directo pero que no es posible intervenirlos ya sea por su naturaleza o por ser una característica morfológica de las zonas que atraviesan las rutas, se emplean los siguientes pesos mostrados en la Tabla 5-6 los cuales permiten identificar zonas de mayor susceptibilidad.

Tabla 5-6 Pesos de susceptibilidad de factores inherentes de las rutas

Grupo	Factor	Categoría	Peso
Componente Geométricas Inherentes	Terreno	1	0
		2	1
		3	2
		4	3
	Alineamiento	5	0
		4	1
		3	2
		1, 2	3
Componentes Climáticas Inherentes	Días de Lluvia	1	0
		2	1
		3	2
		4, 5	3
	Precipitación Promedio Anual	1	0
		2	1
		3	2
		4	3

La segunda agrupación de elementos lo conforman la retrorreflectividad y el agarre superficial, las cuales representan componentes que requieren procesos constantes de análisis y mantenimiento a fin de mejorar la calidad del entorno empleado por los usuarios. En la Tabla 5-7 se resumen los pesos empleados, los valores se basan en una escala de 0 – 10 debido a su importancia en el proceso de susceptibilidad al ser valores cuyo estado se pueden mejorar mediante intervenciones.

Tabla 5-7 Pesos de susceptibilidad de elementos medidos en las rutas

Grupo	Factor	Categoría	Peso
Retrorreflectividad	Retrorreflectividad Línea de Centro	1	0
		2	4
		3	8
	Retrorreflectividad Línea de Borde y Figuras	1	0
		2	4
		3	8
Agarre Superficial	Grip Number	1	2
		2	4
		3	6
		4	8

El tipo de análisis empleado es de superposición de factores por ende al sustituir los pesos de las diversas categorías se generan alrededor de 10000 datos lo cual permite analizar la distribución de frecuencias del riesgo de accidente. La distribución de frecuencias obtenidas se observa en la Figura 5-7. Se aprecia de la distribución como la media del análisis se da cuando los factores críticos suman 27 lo cual implica una tendencia de los datos de ubicarse en la mitad superior del rango de valores de 0 hasta 33, por ende las condiciones actuales tienden a acumularse en la zona crítica.

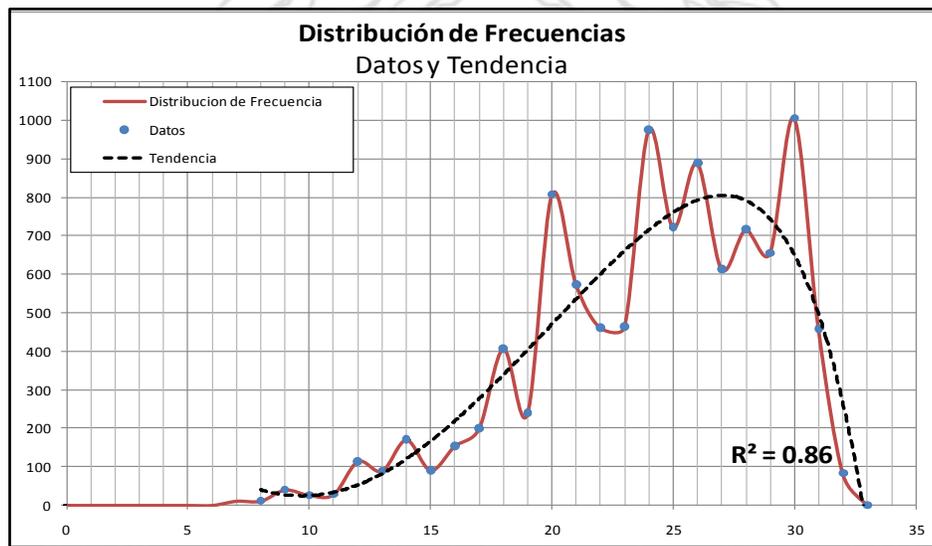


Figura 5-7 Distribución de frecuencias de la superposición de elementos de susceptibilidad

Con los resultados obtenidos de la distribución de frecuencia se procede a establecer la distribución de frecuencias acumuladas, para analizar la curva S del análisis de superposición, el perfil final de susceptibilidad se basa en el análisis de la curva S donde se analizan los comportamientos y se definen las categorías de frecuencias que definen la presencia o ausencia de elementos que incrementen la susceptibilidad, la Figura 5-8 muestra los resultado obtenidos para las rutas del análisis.

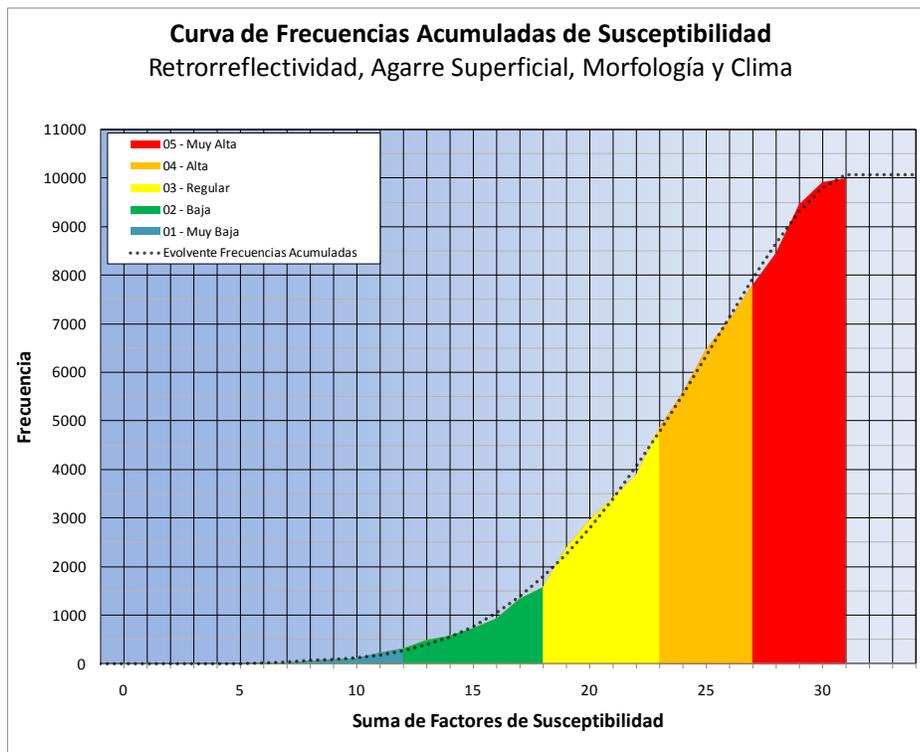


Figura 5-8 Distribución Acumulada de Frecuencias de Susceptibilidad

Una vez analizado el comportamiento de la curva S se procede a asignar la categoría obtenida por cada unidad de análisis, generando una matriz que permite comparar el comportamiento obtenido por cada rutas en función de las categorías de susceptibilidad definidas. El resumen de estos resultados obtenidos se muestra en la Tabla 5-8 donde se extrae la cantidad de kilómetros en cada condición de susceptibilidad y su peso porcentual por ruta.

Tabla 5-8 Resultados del perfil de susceptibilidad

Clasificación	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 32		Ruta 34		Total
Muy Baja	11.80 km	4.07%	--	--	0.30 km	0.19%	10.90 km	5.35%	23.00 km
Baja	61.20 km	21.13%	1.60 km	0.46%	8.50 km	5.43%	39.70 km	19.47%	111.00 km
Regular	147.50 km	50.93%	79.10 km	22.58%	51.60 km	32.94%	73.90 km	36.24%	352.10 km
Alta	30.10 km	10.39%	49.50 km	14.13%	37.80 km	24.13%	43.70 km	21.43%	161.10 km
Muy Alta	39.00 km	13.47%	220.10 km	62.83%	58.46 km	37.32%	35.70 km	17.51%	353.26 km
Total	289.60 km		350.30 km		156.66 km		203.90 km		1000.46 km

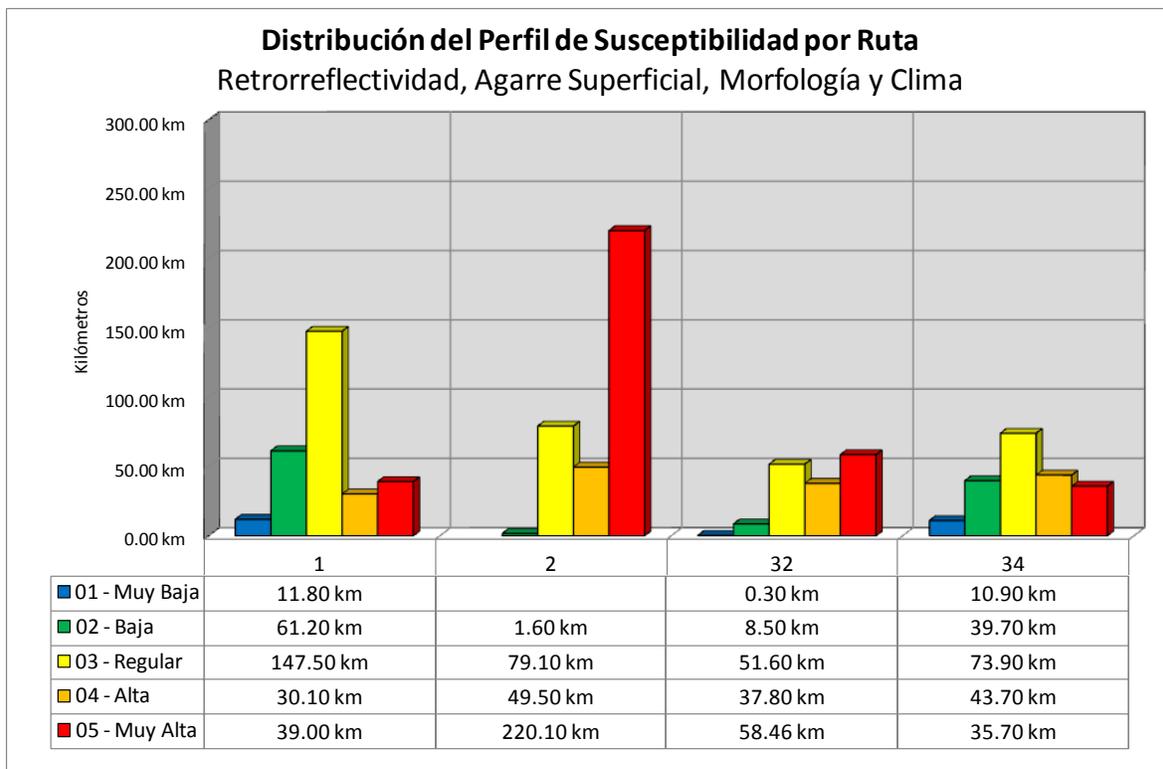


Figura 5-9 Condición de susceptibilidad por ruta

De los 1000 km evaluados la ruta 2 posee una mayor cantidad de kilómetros susceptibles con 220.1 km, lo cual equivale a la quinta parte de la evaluación que reúne malas condiciones inherentes y malas condiciones de retroreflectividad y agarre superficial

La ruta 1 ofrece mejores los valores de susceptibilidad más bajos resultados al poseer un 76% de los datos por debajo de la escala de susceptibilidad regular, lo cual en gran medida se ve puede atribuir a condiciones inherentes más favorables, sin implicar que las valoraciones individuales de retroreflectividad sean aceptables, la gran cantidad de zonas llanas que atraviesa, valores de precipitación bajos como parte de los factores inherentes permiten que la susceptibilidad del usuario sea menor. Las ruta 32 reparte su susceptibilidad entre las escalas Regular, Alta y Muy Alta concentrando un 94 % de su extensión. La ruta 34 presenta una tendencia a distribuir su condición en la franja Regular con un 36% pero los valores poseen una tendencia al incremento de susceptibilidad de la ruta lo cual se refleja en la escala de valores Muy Altos con un 18% que contrasta con el 5% de susceptibilidad Muy Baja

Las descripciones de las rutas como tal permiten analizar en forma cualitativa la información pero se procede a representar en forma espacial los datos de susceptibilidad empleando Sistemas de Información Geográfica como se muestra en la Figura 5-10, a fin de poder reconocer agrupaciones de zonas críticas, lo cual se requiere para poder realizar análisis de gestión que requieren las rutas para futuras intervenciones.

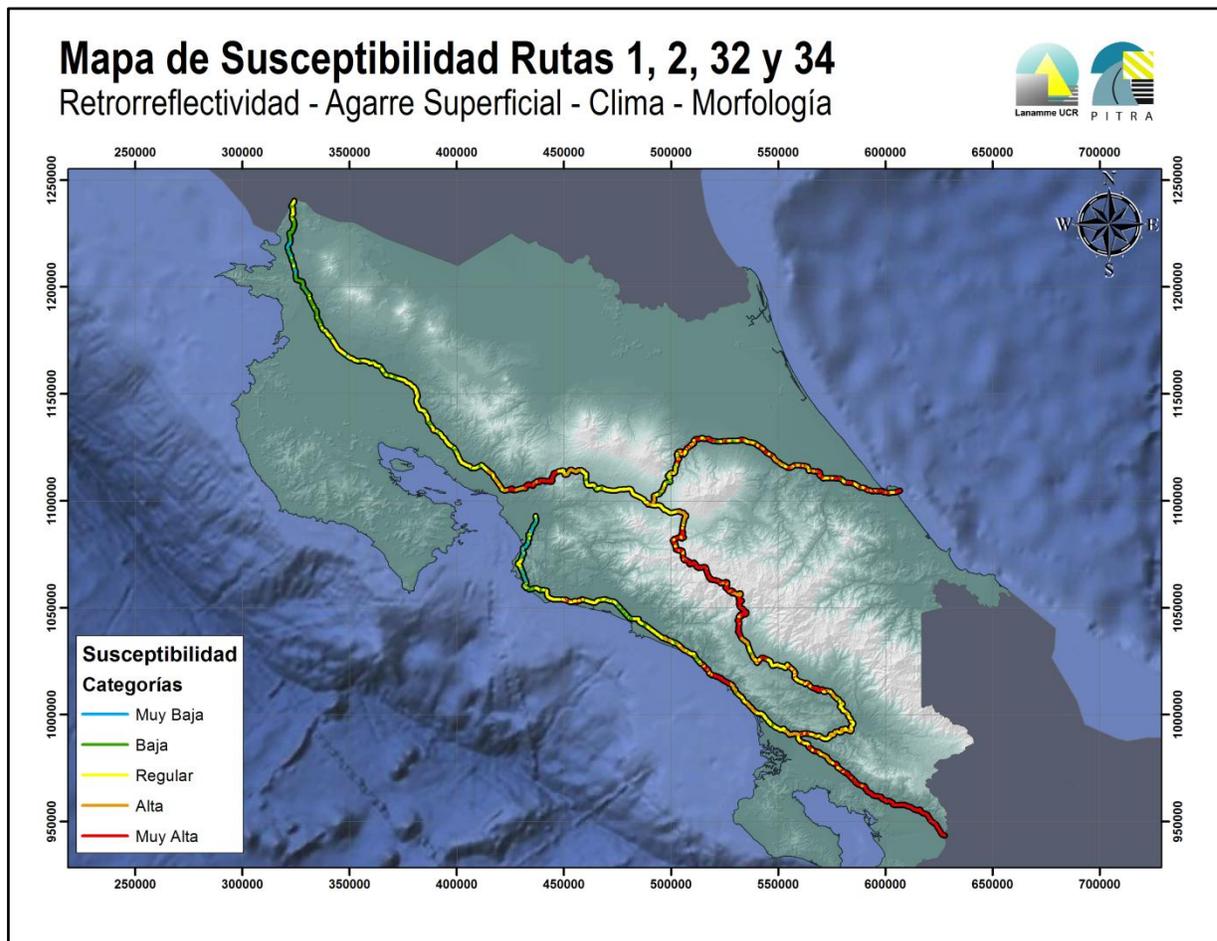


Figura 5-10 Mapa de la condición de susceptibilidad

En la Figura 5-10 se aprecia la distribución de las condiciones de vulnerabilidad, siendo el color rojo el que representa las condiciones de susceptibilidad Muy Alta, las zonas de color naranja equivalen a la condición Alta, el amarillo se emplea para la susceptibilidad Regular, el verde para susceptibilidad Baja y celeste para Muy Baja susceptibilidad o confluencia de factores negativos.

5.4 Incorporación de datos de accidentes en el análisis de susceptibilidad

Una vez identificados los tramos con distintos niveles de susceptibilidad en los 4 corredores principales del país (Rutas 1, 2, 32 y 34) se procedió a incorporar la información disponible en el LanammeUCR sobre accidentes así como información del proyecto de graduación “Análisis de ocurrencia de diferentes tipos de accidentes viales y seguridad vial en el cantón de Pérez Zeledón” (Zamora, 2007). La Figura 5-11 muestra la posición de los accidentes disponibles en las bases de datos del LanammeUCR.

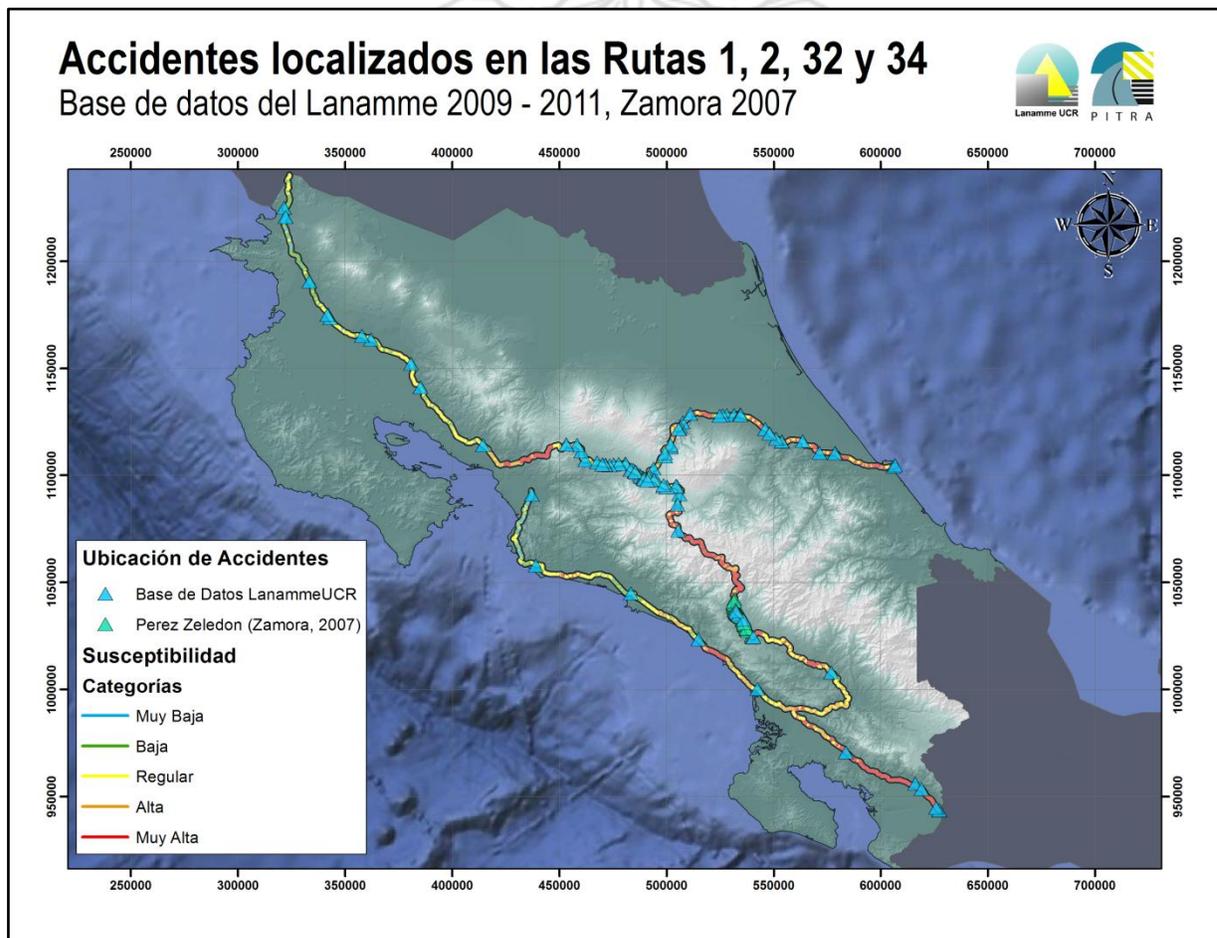


Figura 5-11 Base de Datos de Accidentes ubicados en las rutas de análisis

Debido a la inexistencia de una base de datos de accidentes oficial por parte del Gobierno, fue necesario realizar una labor de georreferenciación de aquellos accidentes que era posible incorporarlos dentro de los Sistemas de Información Geográfica con mayor precisión.

La base de datos final para las rutas analizadas incluyo cerca de 550 accidentes. La ubicación de registros permitió establecer una relación cuantitativa entre los tramos de mayor susceptibilidad y aquellas zonas con mayor presencia de accidentes.

Utilizando la información combinada de accidentes/susceptibilidad se eligieron 4 puntos de análisis, para estos puntos se empleo el equipo de auscultación visual Geo 3D mencionado en el apartado 4.5.1 del documento, los puntos se analizaron empleando las listas de chequeo para la realización de auditorías de seguridad vial tal como se describió en el apartado 4.5.2 de este informe. Los puntos de análisis se muestran en la Figura 5-12.



Figura 5-12 Puntos de Análisis

Estos puntos constituyen tramos críticos, donde la susceptibilidad es alta y la concentración de accidentes es significativa. El análisis mediante las listas de chequeo de auditorías de

seguridad vial constituye un diagnóstico detallado de elementos de la vía que pueden ser corregidos por la Administración. El uso del equipo de auscultación visual Geo 3D, permitió recopilar la información con el nivel de detalle requerido mediante imágenes georreferenciadas de alta resolución, que permiten realizar las evaluaciones en oficina con altos niveles de precisión y eficiencia. Los resultados obtenidos se muestran en el apartado 5.5

5.5 Resultados del análisis mediante valoración de seguridad vial

Los resultados de las listas de chequeo se realizaron para 4 puntos de análisis, no se incluyen puntos para la ruta 34 debido al nivel bajo de susceptibilidad /accidentes registrado en el apartado 5.4 comparado con las rutas 1, 2 y 32. Para la valoración de estos puntos se procedió a emplear las listas adaptadas en el LanammeUCR mostradas en el Anexo 1 de este documento. Los valores que se obtuvieron se muestran en la Figura 5-13.

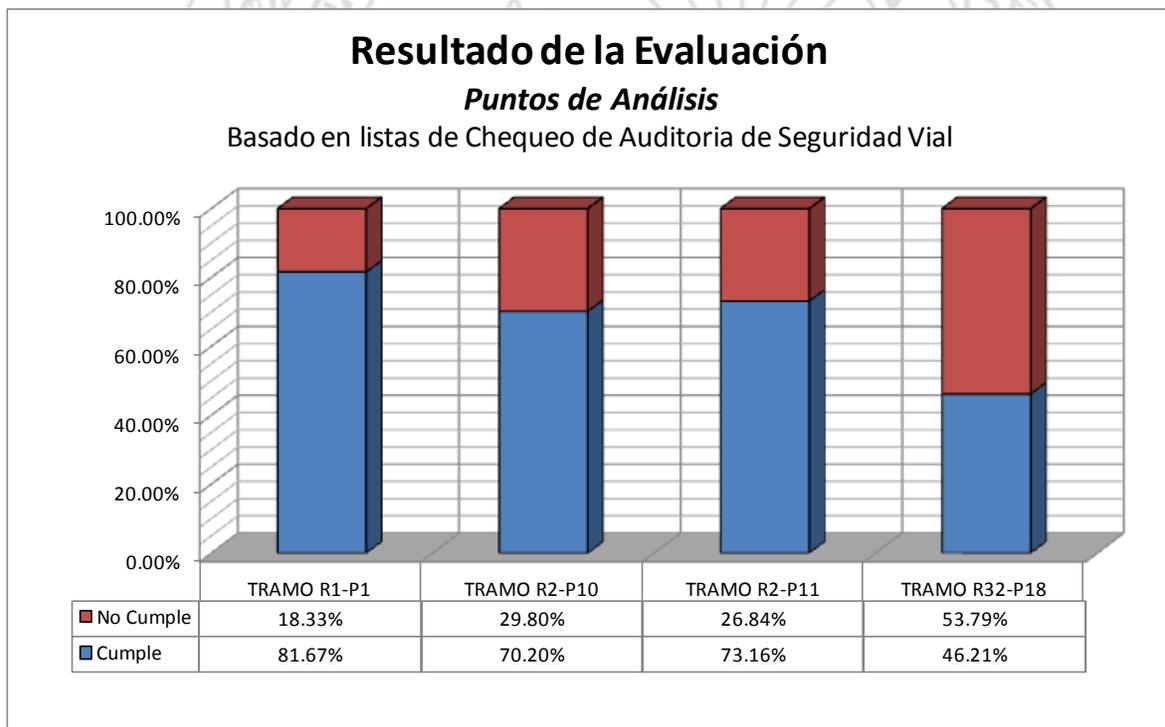


Figura 5-13 Resultados Generales de la valoración de seguridad vial

Como se extrae de la Figura 5-13 se presenta, de manera comparativa los 4 puntos evaluados, mostrando de forma general una condición satisfactoria de los elementos generales que se incluyen en una auditoría de seguridad vial, la excepción la denota el exceptuando el punto 18 en la Ruta 32, que como se podrá observar en el análisis detallado de cada punto, los ítems específicos en los que éste y los demás puntos presentan deficiencias.

5.5.1 Resultados del punto R1-P1

Sección de control: 51130, tramo evaluado: 500 m antes de la intersección a Liberia, sentido San José – Peñas blancas

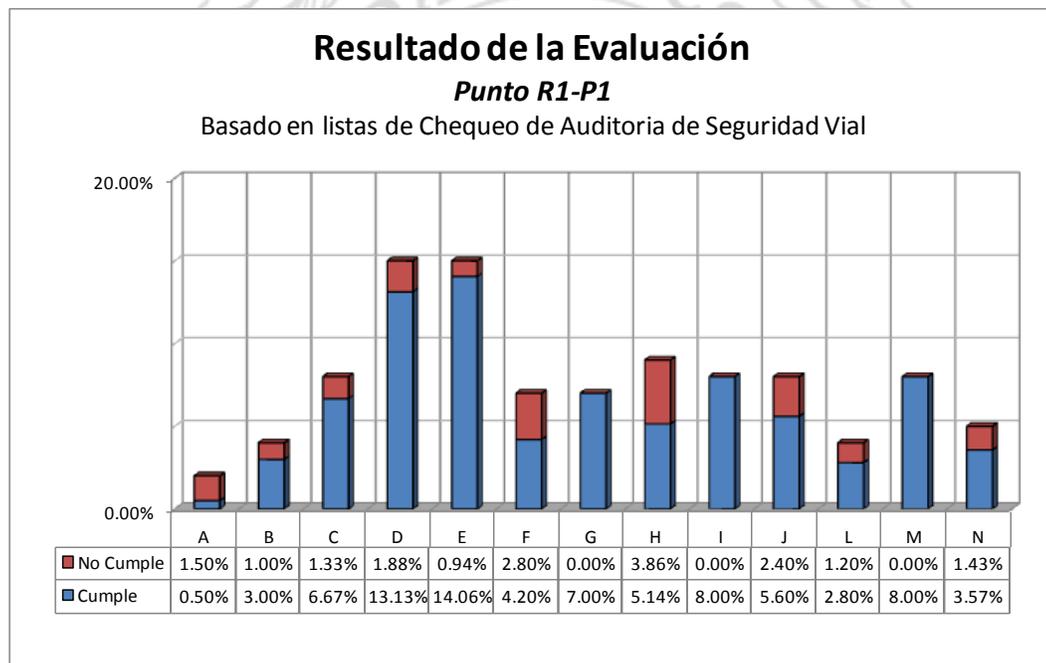


Figura 5-14 Resultados de la Evaluación Punto R1 – P1

Este punto presenta un alto porcentaje de cumplimiento como se observa en la Figura 5-14, desde el punto de vista de señalización, tanto vertical como horizontal, en este sentido se evalúa únicamente la presencia visual de la demarcación debido a que la retrorreflectividad ya fue evaluada en el apartado 5.1, en el caso del ítem referente a Causas de Agua e inundaciones, a pesar de que este tramo no presenta problemas de inundación, si cumple con la adecuada ubicación de las alcantarillas y estructuras de drenaje, por lo que no

significan un riesgo para el conductor. Cabe destacar que presenta problemas con el Alineamiento y Sección Transversal.

En términos generales la ponderación para P1-R1 arroja que en 500 metros incumple en un 18.3% de los ítems evaluables dentro de las listas de auditoría de seguridad vial.

5.5.2 Resultados del punto R2-P10

Sección de Control: 10003, tramo evaluado: 7,77 km, San Isidro de El General (r 243) - Palmares (final 5 carriles)

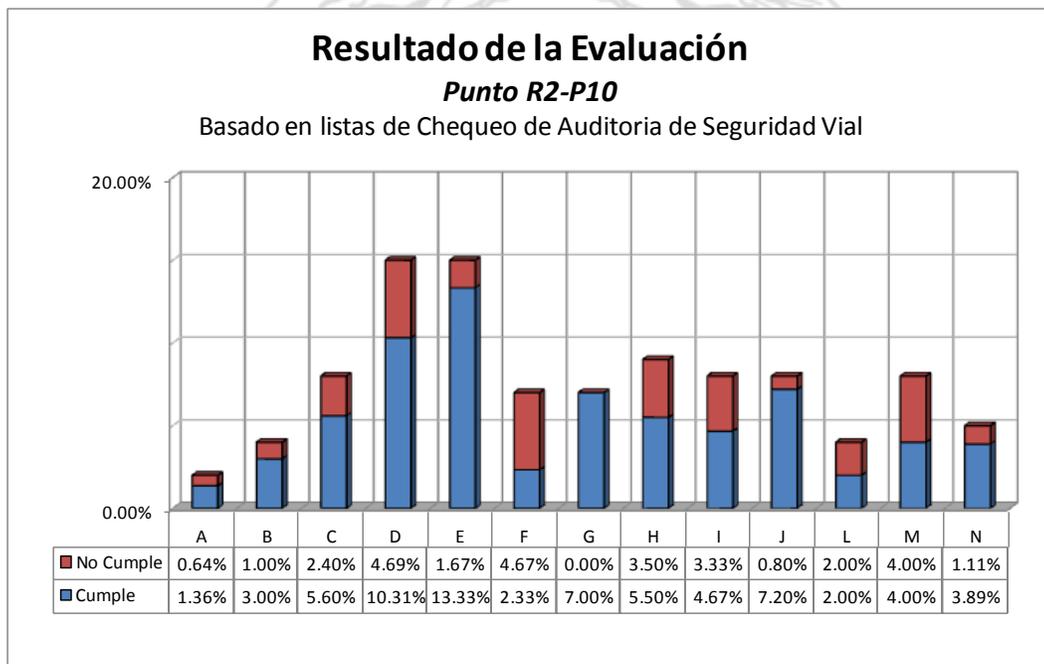


Figura 5-15 Resultados de la Evaluación Punto R2 – P10

Al observar la Figura 5-15, los ítems de Demarcación y Delineación cuenta con un alto porcentaje de cumplimiento, a diferencia de los ítems que está relacionados con la seguridad de peatones y ciclistas, lo que representa una alerta en la mejora de las condiciones de la vía para el paso de esos dos grupos de usuarios de la vía; poniendo especial atención también en aspectos relacionados al derecho de vía (categoría F), lo que incide en el riesgo de provocar serios daños humanos y materiales en el caso de un siniestro. Es importante

destacar que la Categoría relacionada a Semáforos (G) cumple satisfactoriamente con el 100% de los requerimientos visuales de Seguridad Vial.

De manera global, este punto presenta una condición de incumplimiento de 29.8% acorde a los ítems evaluables de las listas de auditoría de seguridad vial. Cabe destacar que es necesario corregir los aspectos que se encuentran deficientes, que posteriormente aportarán para que este tramo mejore su nivel de seguridad.

5.5.3 Resultados del punto R2-P11

Sección de control: 10002, tramo evaluado: 7,031 km, Palmares (final 5 carriles) - Juntas de Pacuar (r 244)

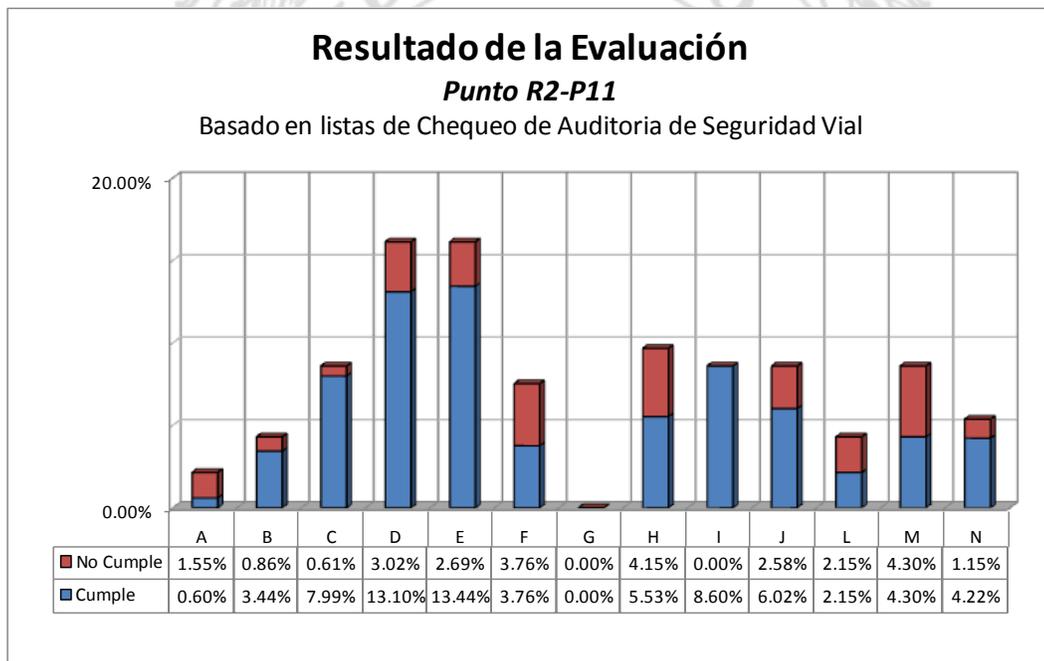


Figura 5-16 Resultados de la Evaluación Punto R2 – P11

El cumplimiento en este punto es en su mayoría satisfactorio a lo largo del tramo, exceptuando el ítem referente a “Alineación y Sección Transversal” que no cumple con los anchos necesarios en puentes, carriles y espaldones, y el aspecto de seguridad de las alcantarillas. El ítem sobre Semáforos no se evaluó, puesto que en este tramo de la ruta no se requiere el uso de semáforos.

De manera global, este punto presenta una condición de incumplimiento de un 26.84%. Al igual que en el punto R2-P11 es necesario corregir los aspectos que se encuentran deficientes para mejorar el nivel de seguridad que se le brinda a los usuarios.

5.5.4 Resultados del punto R32-P18

Sección de control: 10990, tramo evaluado: 500 m antes del lte provincial San Jose / Limon (r Sucio)

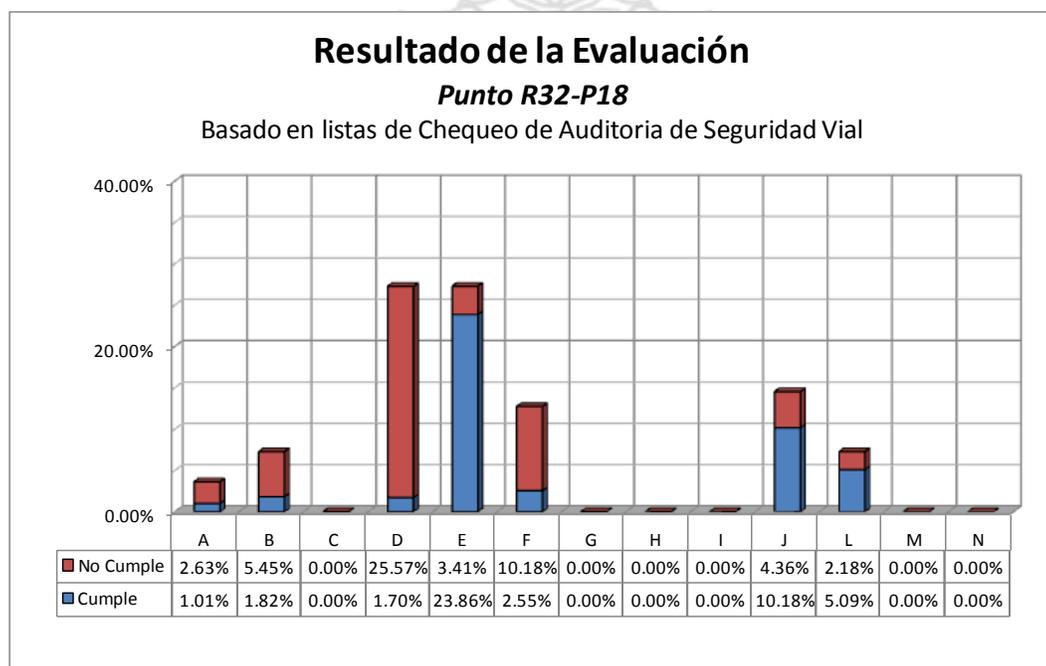


Figura 5-17 Resultados de la Evaluación Punto R32 – P18

Como se observa en la Figura 5-17, este punto presenta un alto porcentaje de incumplimiento en la evaluación realizada, poniendo especial énfasis en lo referente a Señalización Vertical e Iluminación y Barreras de contención y zonas de despeje lateral, siendo éstos aspectos muy importantes dado el tipo de ruta y su ubicación (zona con neblina, precipitación constante y terraplenes muy altos). Los Grupos C, G, H, I, M y N no se evaluaron, puesto que la configuración del tramo no los requiere.

De manera global, este punto presente un 53.79% de incumplimiento, por lo que se requiere atender los aspectos deficientes a la mayor brevedad posible

6 CONCLUSIONES

1. La metodología utilizada en este informe de evaluación permite identificar secciones de los principales corredores del país con distintos niveles de vulnerabilidad para el usuario ante eventos de accidentes.
2. Los resultados presentes en este informe permiten, de forma objetiva y científica, identificar aquellos tramos de las vías donde la Administración puede realizar intervenciones de forma oportuna con la posibilidad de lograr un impacto significativo en la reducción del riesgo de accidentes.
3. Un 61% de la longitud de las rutas 1, 2, 32 y 34 presentan condiciones entre alta y muy alta vulnerabilidad para el usuario de sufrir accidentes, considerando el aporte de los distintos parámetros evaluados, es decir, clima, terreno, retroreflectividad de pinturas y resistencia al deslizamiento de las vías.
4. Los resultados muestran que los tipos de pinturas utilizados en las principales rutas del país no brindan los niveles mínimos de retroreflectividad para el momento de realización de esta evaluación.
5. En el tema de gestión de las campañas de demarcación horizontal, los resultados demuestran que los procesos de planificación y mantenimiento de la pintura para demarcación horizontal en carreteras no han resultado efectivos, ya que en un alto porcentaje de los corredores evaluados la pintura incumple e inclusive es del todo inexistente.
6. La investigación realizada como parte de esta evaluación revela que las actuales especificaciones establecidas por la Administración son insuficientes para garantizar la calidad de las pinturas y la durabilidad de las mismas, ya que no se exigen valores mínimos de retroreflectividad como parámetro de recepción o desempeño de los materiales utilizados.
7. Existe un riesgo potencial de incumplimiento de las regulaciones de velocidad que son colocadas con pintura sobre las vías, ya que al no ser estas señales visibles en condición nocturna o de adversidad climática, no es posible para el usuario cumplirlas.
8. La evaluación revela una condición de alto riesgo en relación con la capacidad de frenado de los vehículos bajo condiciones de lluvia, poniendo en evidencia la necesidad de utilizar mezclas asfálticas con menor propensión al desgaste y con menor presencia de materiales con componentes calizos.
9. Las evaluaciones por medio de las "listas de chequeo para auditorías de seguridad vial" evidencian que en muchos de los puntos donde se detectaron condiciones de alta vulnerabilidad para los usuarios, es necesaria la intervención de la Administración para corregir aspectos adicionales, tales como anchos de carril, señalización vertical e iluminación, barreras de contención y zonas de despeje lateral,

entre otros; elementos que al no presentar las condiciones mínimas de funcionalidad aumentan aún más el riesgo de accidentes.

10. La implementación de tratamientos de preservación en las rutas que cumplan con las características necesarias y la mejora en los materiales y la planificación de las campañas de señalización horizontal impactarían en forma directa los elementos del entorno analizados en este informe y esto a su vez tendría un impacto muy positivo en la reducción de accidentes.

7 RECOMENDACIONES

1. En los carteles de licitación utilizados recientemente para las campañas de demarcación horizontal se ha establecido como garantía de calidad lo siguiente: *“...garantizar y documentar una durabilidad de la pintura por un tiempo mínimo de 730 (setecientos treinta) días naturales para el caso de la pintura termoplástica y de 180 (ciento ochenta) días para la pintura convencional, contados a partir de la recepción final de los mismos. La pintura deberá ser perfectamente visible en este lapso, si se presentan superficies borrosas el contratista deberá volver a pintar donde lo indique la unidad supervisora del contrato; lo anterior sin ningún costo para el CONAVI”*¹. Se recomienda a la Administración valorar la conveniencia de introducir valores mínimos de retroreflectividad tanto para aceptación de proyecto como para vida de servicio de la pintura ya que la condición establecida no garantiza que se le brinde al usuario los niveles de retroreflectividad mínimos requeridos durante la noche o en condiciones climáticas adversas, de igual manera la Administración no establece un parámetro objetivo y cuantificable que le permita identificar la pérdida de serviciabilidad de la pintura y tomar las acciones correctivas de forma oportuna.
2. La Administración (MOPT – CONAVI – COSEVI – Ingeniería de Tránsito) debería valorar la posibilidad de utilizar los resultados de esta evaluación como un insumo técnico que coadyuve en la optimización de los recursos destinados a intervenir la red vial, principalmente en aquellos tramos donde la vulnerabilidad para el usuario ante la eventualidad de accidentes viales es alta o muy alta.

8 BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (2010). *Highway Safety Manual* (Vol. I). North Capitol, Washington, E.E.U.U.: AASHTO.

Barrantes, J., & al, e. (1986). *Atlas Climatológico de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional.

Debaillon, C., Carlson, P., He, Y., Schnell, T., & Aktan, F. (2007). *Updates to Research on Recommended Minimum Levels for Pavement Marking Retroreflectivity to Meet Driver Night Visibility Needs*. U.S.A.: Federal Highway Administration.

Dourthé, A., & Salamanca, J. (2003). *Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial*. Providencia, Santiago, Chile: CONASET.

Solano, J., & Villalobos, R. (2000). *Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional.

Zamora, J. (2007). *Análisis de ocurrencia de diferentes tipos de accidentes viales y seguridad vial en el cantón de Pérez Zeledón*. Montes de Oca, San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

9 ANEXOS

Grupo	Descripción	Código	Ítem
A	Alineamiento y Sección Transversal	A101	¿Los drenajes y alcantarillas pueden ser atravesados de forma segura?
		A51	¿La ruta o tramo está libre de elementos que causen confusión?
		A61	¿Ancho de islas y medianas son adecuados para los probables usuarios?
		A62	¿Ancho carriles y carretera son adecuados para el volumen y composición de tránsito?
		A63	¿Ancho puentes es adecuado?
		A71	¿Ancho Espaldón es adecuado para permitir a los conductores recuperar el control?
		A72	¿Se puede estacionar adecuadamente en el espaldón?
		A73	¿Está pavimentado el espaldón?
		A74	¿El espaldón está en buen estado?
		A75	¿La transición de la carretera al espaldón es segura?
		A91	¿La pendiente del talud permite la recuperación de los vehículos que se salen?
B	Carriles de aceleración o desaceleración	B111	¿Las canalizaciones de flujo son localizados y alineados correctamente?
		B121	¿Son apropiados los anchos de los espaldones provistos en los empalmes?
		B122	¿El ancho del espaldón se mantuvo en Carril auxiliar?
		B132	¿Señales verticales son visibles y claras?
		B134	¿Hay señalización previa a los carriles auxiliares?
		B141	¿Los virajes a la izquierda desde el carril se han evitado?
		B142	¿Se señala anticipadamente la proximidad de un carril de viraje?

Grupo	Descripción	Código	Ítem
C	Intersecciones	C151	¿Las intersecciones se localizan de manera segura respecto a la alineación Horizontal y Vertical?
		C152	¿En intersecciones a ciudades, ¿Se han proyectado dispositivos de control de tránsito?
		C161	¿La presencia de cada intersección es obvia para todos los usuarios?
		C171	¿Es satisfactoria la demarcación del pavimento y señales que regulan la intersección?
		C172	¿Es delineada satisfactoriamente la trayectoria de los vehículos en las intersecciones?
		C173	¿Todas los carriles son demarcados correctamente (incluyendo flechas)?
		C182	¿El diseño de la intersección es obvia para todos los usuarios?
		C183	¿Es obvio y correcto el alineamiento de los bordes de la vía?
		C184	¿Es obvio y correcto el alineamiento de las islas de tránsito?
		C185	¿El alineamiento de las medianas es obvio y correcto?
		C187	¿Las canalizaciones tienen un largo suficiente?
		C191	¿Hay grava o suelo suelto en las intersecciones en zonas rurales?
D	Señalización Vertical e Iluminación	D202	¿La iluminación está libre de obstáculos?
		D203	¿Los postes del alumbrado son un riesgo al borde de la vía?
		D211	¿Son claras, necesarias y visibles todas las señales verticales?
		D214	¿Si hay alguna restricción vehicular, se advierte claramente?
		D221	¿Es claro, comprensible/legible el mensaje de las señales verticales en el día?
		D223	¿Las señales verticales son visibles sin camuflarse con distracciones en el fondo o adyacentes?
		D224	¿El conductor comprende con claridad la señalización?
		D231	¿Los soportes de las señales verticales están fuera de la zona de despeje lateral?
		D232	¿Si la anterior fue "No", ¿Los soportes son frágiles o están protegidos por barreras?

Grupo	Descripción	Código	Ítem
E	Demarcación y delineación	E241	¿La demarcación y delineación es apropiada constante y eficaz a lo largo de la vía?
		E242	¿El pavimento está libre de demarcación excesiva?
		E251	¿Está demarcado el eje central, borde y los carriles de la vía?
		E252	¿Si la repuesta anterior es "No", ¿Los conductores se pueden guiar correctamente?
		E253	¿Es necesario usar captaluces?
		E254	¿Si hay reductores de velocidad, están bien ubicadas con el color correcto y en buen estado?
		E255	¿Se han instalados bordes alertadores donde se requieren?
		E256	¿La demarcación se encuentra en buenas condiciones?
		E257	¿Es suficiente el contraste entre la demarcación lineal y el color del pavimento?
		E273	¿La señalización de velocidad es constante a lo largo de la ruta o tramo?
		E274	¿La señalización tiene el tamaño adecuado?
		E275	¿Los chevrone están instalados donde se requieren?
		E277	¿Los chevrone son del tamaño correcto?
		E278	¿La utilización de los chevrone se limita a curvas?
F	Barreras de contención y zonas de despeje lateral	F281	¿El ancho de la zona despejada es suficiente para no ser superada por los vehículos?
		F282a	¿El ancho de la zona despejada está libre de puntos duros?
		F282b	¿Pueden los postes ser reubicados?
		F283	¿Están todos los postes de energía, árboles, etc a una distancia segura del tránsito vehicular?
		F284	¿Es adecuado el tratamiento para proteger a los usuarios de los puntos duros dentro de la zona de despeje?
		F291	¿Las barreras de contención están instaladas donde son necesarias?
		F293	¿Las barreras de contención están correctamente instaladas?
		F294	¿La longitud de cada barrera de contención instalada es adecuada?
		F295	¿La barrera de contención está correctamente unida con el pasamano o barrera de un puente?
		F296	¿El ancho entre la barrera y la línea de borde es suficiente para albergar a un vehículo descompuesto?
		F301	¿Las terminaciones de las barreras de contención son construidas correctamente?
		F302	¿Es segura el área detrás de las terminaciones de las barreras de contención?
		F311	¿Las vallas peatonales son de material frágil?
		F312	¿La probabilidad de que los vehículos sean atravesados por las barras horizontales de las vallas en el despeje lateral es bajo?

Grupo	Descripción	Código	Ítem
G	Semáforos	G341	¿Los semáforos son claramente visibles para los conductores que se aproximan?
		G345	¿Hay señales de advertencia y/o luces intermitentes si el semáforo no es visible?
		G347	¿Está el semáforo principal libre de obstrucciones para los conductores que se aproximan?
H	Peatones y ciclistas	H351	¿Las rutas y cruces peatonales son adecuados para peatones y ciclistas?
		H352	¿Se han instalado vallas para encausar peatones y ciclistas hacia cruces o pasos elevados donde es necesario?
		H353	¿Se han instalado barreras de seguridad?
		H361	Son adecuados la ruta y los puntos de cruce para peatones y ciclistas?
		H363	¿Las vallas peatonales están orientadas de modo que los peatones siempre vean el tránsito vehicular?
		H364	¿Se ha considerado a los ancianos, minusválidos, niños, sillas de rueda y coches de bebé?
		H366	¿La señalización alrededor de escuelas es adecuada y eficaz para proteger a los peatones?
		H367	¿La señalización alrededor de hospitales es adecuada y eficaz para proteger a los peatones?
		H372	¿La ruta para ciclistas es continua?
		H373	¿Las rejillas de sumidero son seguras para las bicicletas?
		H381a	¿Las paradas de buses son localizadas en forma segura con visibilidad adecuada?
		H381b	¿Existe una adecuada bahía en las paradas de buses?
H382	En zonas rurales, ¿son señalizadas con anticipación las paradas de bus?		
I	Puentes y alcantarillas	I391	¿El ancho de puentes y alcantarillas es consistente con el ancho de la canchada bajo condiciones de acercamiento?
		I393	¿La señalización de advertencia ha sido instalada si hay problemas de ancho y velocidad en el acercamiento?
		I401	¿La necesidad de instalar barreras de contención en puentes y alcantarillas es muy baja?
		I402	¿La conexión entre la barrera de contención y el puente es segura?
		I411	¿Existen facilidades peatonales adecuadas y seguras sobre los puentes?
		I413	¿Hay delineación continua sobre el puente?

Grupo	Descripción	Código	Ítem
J	Pavimentos	J421	¿El pavimento está libre de defectos que resulte en problemas de seguridad?
		J422	¿El borde del pavimento presenta un estado satisfactorio?
		J423	¿La transición desde el pavimento al espaldón está libre de peligros?
		J431	¿Tiene resistencia adecuada al deslizamiento?
		J451	¿Está el pavimento libre de piedras u otro material suelto?
L	Provisión para los vehículos pesados	L461	¿Existen posibilidades de adelantar vehículos pesados donde hay altos volúmenes de tránsito?
		L462	¿La ruta, en general, tiene un diseño adecuada para el tamaño de los vehículos que la utilizan?
		L463	¿Existen espacios suficientes para maniobras de los vehículos pesados a lo largo de la ruta o tramo?
		L471	En curvas, ¿los espaldones son sellados de modo que se le da continuidad al pavimento?
		L472	¿El ancho del pavimento es adecuado para vehículos pesados?
M	Cauces de agua e inundaciones	M482	¿Hay señalización apropiada en puntos con acumulación o flujos de agua, en condiciones de mal tiempo?
		M491	¿Las alcantarillas o estructuras de drenaje están localizadas fuera del área de recuperación, al borde de la vía?
		M492	Si "No", ¿son protegidas ante la posibilidad de ser impactadas por vehículos, de modo que proteja a los ocupantes?
N	Varios	N511	¿La vía está libre de equipos de construcción o matención en la vía que ya no se requieran o no se estén utilizando?
		N512	¿La vía está libre de señalización y dispositivos de control temporal de tránsito que ya no se requieran o no se utilizan?
		N531	¿El borde de la vía está libre de actividades que puedan distraer a los conductores?
		N532	¿Están ellas debidamente señalizadas de modo que no puedan constituir algún riesgo?
		N541	¿La probabilidad de que se genere algún problema, peligro o conflicto para los vehículos que se salgan de la vía es muy baja?
		N551	¿El terraplen es seguro?
		N552	¿La vía está libre de ramas y arbustos que sobresalgan hacia la carretera?
		N553	¿La vía está libre de obstrucciones de visibilidad producidas por arbustos o ramas?
		N571	¿La vía está libre de la presencia de animales?
		N572	Se ha provisto de cercas o vallas para evitar la irrupción de animales a la calzada?