

# CRITERIOS DE SEGURIDAD VIAL PARA EL DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN EN VÍAS DE BAJAS ESPECIFICACIONES GEOMÉTRICAS

**Fabián Mesa Mateus (1), Nathalia Revelo Méndez (2), Ing. MSc. Ana Patricia Herrera M (3), Ing. Esp. MSc. Carlos Fabián Flórez Valero (4).**

(1) Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ingeniería Civil, Estudiante último semestre de Ingeniería Civil, Tel.: (+571) 229 2059, fax: (+571) 434 6906, [zabianza@hotmail.com](mailto:zabianza@hotmail.com), dirección: Carrera 104 # 71C – 71.

(2) Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ingeniería Civil, Ingeniera Civil, Tel.: (+571) 694 5707, fax: (+571) 571 3090, [nathaliarevelo@gmail.com](mailto:nathaliarevelo@gmail.com), dirección: Carrera 17 # 106 – 30 apto. 503.

(3) Proyecta Ltda. Ingenieros Consultores, Departamento de Ingeniería Civil, Ingeniera Especialista en Tránsito y Transporte y Docente de Cátedra en la Pontificia Universidad Javeriana, Ingeniería Civil, Tel.: (+571) 245 0176,

fax: (+571) 320 1405, [aherreram@javeriana.edu.co](mailto:aherreram@javeriana.edu.co), dirección: Calle 40 # 20 – 06.

(4) Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ingeniería Civil, Investigador y Docente Facultad de Ingeniería, Tel.: (+571) 320 8320 ext. 5261, fax: (+571) 320 8320 ext. 5398,

[florez.carlos@javeriana.edu.co](mailto:florez.carlos@javeriana.edu.co),

dirección: Calle 40 # 5 – 50 Edif. José Maldonado Piso 1 Depto. Ing. Civil.

Bogotá, Colombia. Marzo 14 de 2008.

## RESUMEN

En Colombia, una de las estrategias del Gobierno Nacional para mejorar la accesibilidad en tramos de la malla vial intermunicipal, se denominó “Plan 2500”. Actualmente en ejecución, este plan consiste en la pavimentación de 2.500 Kilómetros de vías secundarias y terciarias sin modificar su diseño geométrico. En algunos departamentos como Antioquia, Chocó, Quindío y Risaralda, caracterizados por su escarpada topografía, existen vías de alta montaña, que poseen bajas especificaciones geométricas y al momento de aumentar su velocidad de operación, no se encuentran diseños concretos en el Manual de Diseño Geométrico Colombiano (INVIAS), ni en el Manual de Señalización Vial (MINTRANSPORTE). Por esta razón se hace necesario implementar criterios de seguridad vial, con los cuales se ayude a mitigar el riesgo de accidentalidad latente en estos tramos con características especiales.

Con este trabajo se buscó establecer parámetros técnicos que permitieron realizar una adecuada señalización, en tramos de vías de alta montaña de la República de Colombia, para los cuales no existe una normativa específica en materia de señalización, debido a sus bajas especificaciones geométricas.

Igualmente se logró establecer una serie de criterios técnicos para considerar en el diseño de señalización y demarcación, partiendo de las indicaciones dadas en Manuales internacionales, de países que poseen características topográficas similares a las de Colombia y también, de países que han tenido un gran avance en investigaciones sobre señalización vial.

**PALABRAS CLAVES:** plan 2500, accidentalidad, señalización.

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a la configuración geográfica de Colombia, el sistema de carreteras se ha consolidado parcialmente en el eje Norte – Sur, a través de las vías troncales que recorren los valles de los ríos y bordean las cordilleras. Sin embargo, en el sentido Este – Oeste, la red vial no ofrece una articulación que complemente la red troncal. Adicionalmente, las condiciones de capacidad y nivel de servicio que ofrecen las vías son heterogéneas e independientes de las fluctuaciones del tráfico.

Como parte del Plan de Desarrollo, el Gobierno Nacional ha diseñado el Programa de Infraestructura Vial de Integración y Desarrollo Regional Plan 2500, que tiene como principal objetivo la pavimentación de corredores viales existentes para mejorar el nivel de servicio y favorecer el desarrollo regional, principalmente enfocado a vías secundarias y terciarias. Los principales criterios establecidos para la pavimentación de estas vías son los siguientes:

- “La sección transversal existente no será objeto de modificaciones”.
- “No se harán intervenciones en aquellos sitios que presenten fallas geológicas”.
- “Se mantendrá el trazado geométrico actual de la vía...”
- “Se mantendrá el ancho actual de las calzadas para vías secundarias y terciarias...”
- “No se incluirá la construcción ni rehabilitación de puentes”. (Fondo de prevención vial 2006)

Por tratarse de un proyecto con un alcance tan limitado, y entendiendo que el Instituto Nacional de Vías -INVIAS decidió incluir para cada una de estas vías la realización de una Auditoría de Seguridad Vial, cobra especial importancia el diseño de señalización para estas carreteras, que permita mitigar de manera adecuada las zonas de peligrosidad, que eventualmente podrían aumentar la accidentalidad, dadas las particularidades del Plan 2500.

El tema de la accidentalidad en las carreteras cubiertas por el Plan 2500 se prevé que aumentará en forma sustancial debido a que las condiciones de la superficie de

rodadura serán mejoradas y permitirán que los vehículos desarrollen mayores velocidades, dado que las especificaciones geométricas de las vías no cumplen con los mínimos criterios de seguridad, entendiendo que no se modificó ninguna de sus características. Por tal razón se hace necesario formular criterios de seguridad que ayuden mitigar el riesgo de accidentalidad en puntos con características especiales como transiciones de vías secundarias a vías principales, accesos a puentes, zonas escolares, entre otras.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1 General.**

Formular criterios de seguridad vial que permitan realizar un diseño de señalización vial típico, para vías de bajas especificaciones geométricas, de acuerdo con los estudios de caso reportados por el INVIAS.

### **2.2 Específicos.**

- a. Definir de las situaciones de análisis para ser consideradas como estudios de caso, de acuerdo con el listado proporcionado por el INVIAS en el Seminario de Seguridad Vial realizado el 8 de Junio de 2007, que por sus características relevantes, impliquen la necesidad de la implementación de un diseño de señalización específico.
- b. Analizar tipos de señalización vial y los criterios de seguridad existentes en Colombia para las situaciones críticas encontradas anteriormente.
- c. Evaluar el Manual de Diseño Geométrico de Vías colombiano para compararlo con las situaciones críticas y establecer las principales debilidades técnicas en cuanto a criterios de diseño.
- d. Investigar el estado del arte de los diferentes dispositivos utilizados en el mundo, que permitan reducir la velocidad o que puedan ser utilizados en la prevención y control de las situaciones críticas.

e. Revisar los Manuales de Señalización de países cuyas características topográficas se asemejen al caso colombiano, que hayan avanzado en el tema de seguridad vial, para encontrar aspectos que puedan coadyuvar en la formulación de criterios de seguridad vial en Colombia.

### **3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

Para la ejecución del Plan 2500, se dividió el territorio nacional en 5 zonas así: Zona 1: Norte Zona 2: Centro Occidente Zona 3: Nororiente Zona 4: Centro Oriente Zona 5: Sur Cada una de las zonas a su vez comprende varios grupos de vías organizados según sus características y el departamento donde están ubicadas, de las cuales, básicamente las zonas 2 y 5, presentan predominantemente vías de alta montaña, las cuales bajo los lineamientos de ejecución del plan, mantendrán especificaciones inadecuadas, desde el punto de vista de diseño geométrico. En uno de los temas discutidos en el Seminario de Auditorias de Seguridad Vial organizado por el INVIAS y el Fondo de Prevención Vial, el 8 de junio de 2007 en Bogotá, se evidenció la problemática recurrente que se estaba presentando en los diseños de señalización de las zonas de alta montaña; de allí se extractaron un conjunto de situaciones que se están presentando, las cuales son el insumo fundamental para el presente trabajo de grado. En dicho Seminario se concluyó que la señalización no interactúa de forma coherente con el diseño geométrico de las vías, porque no existen definiciones claras de los lugares de alta peligrosidad. Además los constructores de las vías no tienen en cuenta la importancia de una adecuada señalización, ya que los dispositivos instalados para informar al conductor las particularidades de la vía, son colocados sin tener en cuenta criterios de seguridad vial, haciendo que no sean de gran utilidad para mitigar el riesgo de accidentes.

De seguirse presentando tales inconvenientes, el incremento de accidentalidad será un escenario factible, de tal forma que dichas vías en zonas de alta montaña generarán

muchas pérdidas tanto sociales como económicas. Al implementarse una alternativa de mitigación de tales situaciones, los usuarios de las vías obtendrán unos mejores estándares de seguridad durante su movilización, reduciendo el riesgo de ocurrencia de un accidente. La alternativa más factible, económica y consistente con las políticas viales nacionales para mitigar este problema es la implementación de un auténtico Diseño de la Señalización coherente con el diseño geométrico de la vía. Las situaciones reportadas por el INVIAS como recurrentes en dicho Seminario fueron:

- a. Inadecuada señalización de las zonas de transición de la vía nueva con la vía existente.
- b. Señalización con visibilidad limitada por obstrucciones.
- c. Zonas escolares a la salida de curvas de radios restrictivos y/o pendientes longitudinales elevadas
- d. Señalización deficiente en zonas de intersecciones.
- e. Sectores de alta pendiente con curvas que poseen radios inferiores al radio mínimo de diseño
- f. Sectores sin una adecuada gradualidad entre curvas horizontales consecutivas
- g. Durante las obras no existe una buena canalización del tránsito existente que separe el flujo de vehículos de la maquinaria que adelanta trabajos en la vía.
- h. Materiales y maquinaria en la vía sin la adecuada señalización.
- i. Las defensas existentes en mal estado no han sido rehabilitadas.
- j. Deficientes terminados en la demarcación horizontal de las vías.
- k. Se dejan tramos terminados sin señalización durante largos periodos.
- l. Conflictos entre señalización preexistente y la nueva.
- m. Reducciones de calzadas en los puentes existentes, generan sitios de alto riesgo de accidente y no se encuentran bien señalizados.
- n. Sitios de alta pendiente en zonas urbanas
- o. Accesos no controlados mediante señalización
- p. En zonas escolares y urbanas, no se establecen pasos peatonales seguros.

#### **4. METODOLOGÍA**

Con el objetivo de establecer los criterios de señalización en las situaciones reportadas por el INVIAS, se revisaron manuales de diferentes países, los cuales han avanzado en

el tema de señalización vial y también en países que poseen características topográficas similares a las de Colombia. Los manuales consultados para esta investigación fueron los siguientes:

- Manual de Diseño Geométrico Para Carreteras de Colombia.
- Manual de Señalización Vial Colombiano.
- Manual de Señalización Vial Chileno.
- Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras (México).
- Manual de Normas Técnicas para la Señalización, control y regulación del tránsito en vías donde se realicen trabajos.
- Manual Interamericano de dispositivos de control de Tránsito automotor para calles y carreteras.

La metodología utilizada para hallar los criterios de seguridad vial en vías de bajas especificaciones geométricas fue la siguiente:

#### **4.1. Situaciones críticas**

En el congreso de seguridad vial realizado por el INVIAS el día 8 de Junio se identificaron 16 situaciones críticas que eran recurrentes y que a su vez constituían un gran riesgo de accidente para todos los usuarios de las vías de alta montaña, con bajas especificaciones geométricas, incluidas dentro del plan 2500.

#### **4.2. Definición de la velocidad de diseño.**

Para proceder a caracterizar cada una de las situaciones críticas en el Manual de Diseño Geométrico de Colombia fue necesario identificar la velocidad de diseño con la que se iban a analizar la mayoría de situaciones, que en este caso, por ser una carretera secundaria, de terreno montañoso, el Manual de Diseño Geométrico aconseja trabajar con una velocidad de 40 Km/h a 70 Km/h, para este caso y valiéndose del límite de velocidad establecido en Colombia se trabajó con una velocidad de diseño de 60 km/h.

#### **4.3. Definición de Situaciones Críticas Según el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.**

Cada una de las situaciones críticas se caracterizó de acuerdo a lo reglamentado por el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, con el fin de definir las principales deficiencias geométricas que presentaba cada una de las situaciones.

#### **4.4. Definición de Situaciones Críticas Según el Manual de Señalización Vial Colombiano.**

Para cada una de las situaciones críticas, se buscó en el Manual de Señalización Vial Colombiano, cual podría ser su solución, de acuerdo con lo reglamentado para Colombia.

#### **4.5. Principales deficiencias de los manuales colombianos.**

Partiendo de los manuales de señalización vial y de diseño geométrico para carreteras se procedió a identificar en cada una de las situaciones, cuales eran las principales deficiencias que presentaba la normativa colombiana, especialmente en señalización adecuada que permita reducir el riesgo de accidente.

#### **4.6. Revisión de Manuales Internacionales**

Definidas las principales deficiencias de los manuales colombianos, se procedió a buscar soluciones que se acomodaran a las características especiales de cada situación, en cada uno de los manuales internacionales, y así encontrar la mejor solución.

#### **4.7. Determinación de los Criterios de Seguridad Vial.**

Teniendo en cuenta la solución para cada una de las situaciones, en los diferentes manuales, se compararon todas en una tabla de resultados y se estableció el mejor criterio para cada una de las situaciones.

## **5. ANÁLISIS DE CASOS.**

Al revisar cada una de las situaciones críticas, se pudo determinar por qué se consideran críticas y definir las según los requerimientos del Manual de Señalización Vial y el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

### **5.1 Inadecuada señalización de las zonas de transición de la vía nueva con la vía existente.**

Velocidad de diseño: 60km/h. Distancia de visibilidad de parada: >75m. La señalización se debe colocar a por lo menos 80m de distancia del punto de transición.

### **5.2 Señalización con visibilidad limitada por obstrucciones.**

Son lugares en los cuales la señalización ha sido obstruida por vegetación y otros agentes externos como publicidad o condiciones climáticas

### **5.3 Zonas escolares a la salida de curvas de radios restrictivos y/o pendientes longitudinales elevadas**

Radio mínimo de diseño: >119.61 m, Pendiente longitudinal máxima: <11%.

### **5.4 Señalización deficiente en zonas de intersecciones.**

"Área general donde dos o más vías se unen o crucen, ya sea a nivel o desnivel o que comprende toda la superficie necesaria para facilitar todos los movimientos de los vehículos que se cruzan por ellos."

### **5.5 Sectores de alta pendiente con curvas que poseen radios inferiores al radio mínimo de diseño.**

Radio mínimo de diseño: >119.61 m, Pendiente longitudinal máxima: <11%

### **5.6 Sectores sin una adecuada gradualidad entre curvas horizontales consecutivas.**

Esta situación se define como curvas consecutivas de características similares separadas por una entretangencia menor de 150 m para velocidades de circulación del sector de 80 Km/h; 100 m para 60 km/h, 40 m para 30 km/h y 30 m para velocidades de 20 Km/h.

**5.7 Durante las obras no existe una buena canalización del tránsito existente que separe el flujo de vehículos de la maquinaria que adelanta trabajos en la vía.**

Se presentan condiciones especiales que afectan la circulación de vehículos y personas.

**5.8 Materiales y maquinaria en la vía sin la adecuada señalización.**

Se presentan condiciones especiales que afectan la circulación de vehículos y personas.

**5.9 Las defensas existentes en mal estado no han sido rehabilitadas.**

Las señales que no estén en correcta posición, no cumplen con el objetivo para el cual fueron diseñadas.

**5.10 Deficientes terminados en la demarcación horizontal de las vías.**

Las demarcaciones horizontales le permiten al usuario ubicar los carriles, especialmente en las horas de la noche y darles indicaciones acerca de diferentes puntos de conflicto que se presentan en la vía, si estos no existen o son deficientes el conductor en horas de la noche podría perder el sentido de la vía.

**5.11 Se dejan tramos terminados sin señalización durante largos periodos.**

Las señales y demarcaciones viales son herramientas de comunicación extremadamente importantes para guiar y dirigir al usuario a través de puntos críticos y de conflicto de la red vial.

**5.12 Conflictos entre señalización preexistente y la nueva.**

Cuando existen conflictos entre la señalización preexistente y la nueva, esto hace que el usuario no respete las señales y pierda credibilidad hacia ellas.

**5.13 Reducciones de calzadas en los puentes existentes, generan sitios de alto riesgo de accidente y no se encuentran bien señalizados.**

Esta situación se define como lugares con velocidad de diseño de 60km/h que se encuentran con una reducción de calzada repentina al momento de pasar un puente, esto se debe a que según las especificaciones técnicas del Plan 2500, no se harán la construcción ni rehabilitación de puentes.

**5.14 Sitios de alta pendiente en zonas urbanas.**

Esta situación se define como pendientes superiores a 11% en lugares muy cercanos a pequeñas zonas urbanas, donde el paso peatonal es frecuente.

#### **5.15 Accesos no controlados mediante señalización**

Los accesos a vías principales en estos sitios se caracterizan porque la velocidad de acceso no supera los 15km/h, debido a que el acceso tiene una pendiente ascendente que impide que el conductor inicie con una velocidad mayor.

#### **5.16 En zonas escolares y urbanas, no se establecen pasos peatonales seguros.**

Estos puntos se caracterizan porque las zonas escolares y urbanas se encuentran muy cerca de la vía (aprox. A 90 cm del pavimento), donde la velocidad de diseño es de 60 km/h; el paso de los peatones a través de la vía es muy frecuente.

### **6. RESULTADOS ENCONTRADOS.**

Luego de analizar cada uno de los manuales, se pudo determinar las deficiencias y posibles soluciones para cada una de las siguientes situaciones críticas, de esta forma:

#### **6.1 Inadecuada señalización de las zonas de transición de la vía nueva con la vía existente.**

Deficiencias: En la mayoría de las vías en alta montaña se presenta un alto índice de curvatura, lo que implica que la señalización que previene el punto de transición perderá importancia debido a que se le dará prioridad a las curvas peligrosas.

Posibles soluciones:

- \* Implantar reductores de velocidad temporales a una distancia prudente de la transición.
- \* Advertir al usuario de la proximidad a la transición y de la velocidad a la cual tendrá que transitar mediante señalización vertical. No se recomienda la señalización horizontal.

## **6.2 Señalización con visibilidad limitada por obstrucciones.**

Deficiencias: El estado y conservación de la señalización vial depende de las autoridades competentes del municipio.

Posibles soluciones:

Las señales deben contar con buena visibilidad, buen tamaño de letra y leyendas cortas. Si la señal no es visible al lado derecho de la vía se puede reforzar con señales al costado izquierdo de la vía. Determinar la altura mínima desde el borde del pavimento a la señal.

## **6.3 Zonas escolares a la salida de curvas de radios restrictivos y/o pendientes longitudinales elevadas**

Deficiencias: La señalización horizontal solamente se puede usar en tramos de la vía que no posean una pendiente muy pronunciada ni curvas. El Manual de Señalización de Colombia no da un margen claro de los valores de tránsito para poder justificar la presencia de un semáforo.

Posibles soluciones:

- \* Implementar dispositivos reductores de velocidad permanentes, en la zona de menor pendiente.
- \* Advertir a los directivos de las zonas escolares para ellos realicen capacitaciones a los estudiantes acerca del peligro de estos sitios.
- \* Implementar señalización vertical que advierta la proximidad de una zona escolar.
- \* Capacitar a un adulto como paletero para que advierta a los vehículos en la hora pico de salida y entrada de los estudiantes.

## **6.4 Señalización deficiente en zonas de intersecciones.**

Deficiencias: El principal problema consiste en la ubicación de las señales verticales ya que se obliga a colocarlas al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación y además, *“En carreteras, la distancia de la señal medida desde su extremo interior hasta el borde del pavimento, deberá estar comprendida entre 1,80 m y 3,60 m” (INVIAS, 2004).*

Posibles soluciones:

\*Identificar el tipo de intersección a la cual se va a afrontar el usuario.

\*Advertir al usuario la jerarquía de la vía con la cual se va a encontrar.

\*Definir una distancia de visibilidad adecuada, según el tipo de intersección.

*\*“Siempre que el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas sus ramas, supere en algún período del día los 50 vehículos por hora en zonas rurales, debe regularse la circulación vehicular en el cruce mediante una señal de prioridad CEDA EL PASO (RPI-1) o PARE (RPI-2), la que debe quedar determinada por las condiciones de visibilidad en el cruce”. (INVIAS, 2004)*

\* Advertir a los usuarios de la vía con mayor jerarquía que se van a encontrar en una intersección vehículos con velocidades menores. No es necesario implementar reductores de velocidad.

### **6.5 Sectores de alta pendiente con curvas que poseen radios inferiores al radio mínimo de diseño.**

Deficiencias: La principal deficiencia es que la ubicación de las señales tiene que hacerse a una distancia de 1,80 a 3,60 m, la cual no es posible cumplir en la mayoría de los tramos de alta pendiente con curvas que poseen radios inferiores al radio mínimo de diseño.

Posibles soluciones:

\*Es necesario advertir al usuario de la aproximación a una curva, de la presencia de una pendiente pronunciada y además debe haber una restricción de velocidad que va a adoptar el usuario con las condiciones de la vía.

\* Implementar bandas sonorizadoras y reductores de velocidad en el sentido de la calzada con pendiente descendente.

### **6.6 Sectores sin una adecuada gradualidad entre curvas horizontales consecutivas.**

Deficiencias: Para esta situación el manual únicamente cuenta con señales que advierten curvas consecutivas comenzando por la izquierda y por la derecha, para estos

tramos de la vía es necesario restringir la velocidad ya que con el aumento de velocidad se aumenta gradualmente la accidentalidad.

Posibles soluciones:

- \* Advertir al usuario por dispositivos de señalización vertical la presencia de curvas consecutivas y de la velocidad con la que tiene que transitar en la vía.

- \* Como complemento se recomienda implementar indicadores de alineamiento, los cuales se implementarán con una separación entre ellos dependiendo del grado de curvatura.

- \* Advertir al usuario, mediante señalización vertical y horizontal, que en estos lugares esta prohibido adelantar, debido a la consecución de las curvas.

#### **6.7 Durante las obras no existe una buena canalización del tránsito existente que separe el flujo de vehículos de la maquinaria que adelanta trabajos en la vía.**

Deficiencias: En el Manual de Señalización Vial se encuentra todo especificado, pero no se cumple y no existen organismos que controlen a los contratistas para que cumplan correctamente la normativa para lograr la correcta canalización del tránsito.

Posibles soluciones:

- \* La canalización del tráfico es necesaria cuando se generan transiciones con disminución del ancho de la calzada y en tramos en los cuales es necesario delinear el trazado de la vía. Se recomienda instalar dispositivos temporales que muestren la aproximación a la obra y canalizadores de tránsito, como conos, canecas, cercas, entre otros. Si existe cierre de un carril es necesario que exista un Banderero que dirija el tráfico.

- \* La maquinaria debe quedar lo más alejada de la vía, y si esto no es posible, ubicarla en sitios lejanos a curvas.

- \* En las noches la maquinaria debe estar debidamente señalizada e iluminada, para que los usuarios puedan identificarla fácilmente.

### **6.8 Materiales y maquinaria en la vía sin la adecuada señalización.**

Deficiencias: Las distintas características de cada obra y la variedad de condiciones que se pueden presentar, impiden establecer una secuencia rígida y única de dispositivos y normas.

Posibles soluciones:

- \* El tiempo de señalización en una obra es variable, y los dispositivos necesarios deberán ser colocados ANTES de iniciar cualquier trabajo y ser retirados inmediatamente después de haberse terminado el trabajo.
- \* Las posibles soluciones del ítem 6.7 se pueden implementar acá.

### **6.9 Las defensas existentes en mal estado no han sido rehabilitadas.**

Deficiencias: Para el caso específico de las defensas existentes en mal estado no se encuentra ningún tipo de sugerencia. La mayoría de estas defensas se encuentran así debido a que en estos lugares ya existió un accidente, y las defensas se dejan en ese estado.

Posibles soluciones:

- \* Para este caso se recomienda establecer un programa de revisión de señales, para detectar las que se deban reemplazar, además se recomienda que las defensas cumplan con los nuevos requerimientos de la vía para ayudar a disminuir los índices de accidentalidad.
- \* En el momento de la rehabilitación, darle prioridad a los sitios más críticos, colocando defensas con mayor refuerzo.

### **6.10 Deficientes terminados en la demarcación horizontal de las vías.**

Deficiencias: No existe ningún tipo de restricción acerca de los acabados que se deben dar en la señalización horizontal de la vía.

Posibles soluciones:

- \* Las marcas en el pavimento deben ser uniformes en su diseño, posición y aplicación para que el usuario las pueda reconocer y reaccionar rápidamente.

\* Antes de realizar las marcas en el pavimento, verificar que en este no se encuentre marcas de señalización anterior, para evitar que el usuario se confunda.

#### **6.11 Se dejan tramos terminados sin señalización durante largos periodos.**

Deficiencias: Para la señalización horizontal se permite un máximo de 30 días para que se implemente, pero para la señalización vertical no se establece ningún tipo de restricción con respecto al tiempo a la cuál será implementada.

Posibles soluciones:

\* Dado que la señalización vial comunica al usuario las condiciones de la vía, las señales se deben implementar incluso antes de empezar el servicio de la vía, con el fin de reducir la accidentalidad.

#### **6.12 Conflictos entre señalización preexistente y la nueva.**

Deficiencias: No existe una entidad que obligue a cumplir los requerimientos que dicta el Manual de Señalización Vial.

Posibles soluciones:

\* Retirar las señales que no estén cumpliendo con su objetivo y generen algún tipo de conflicto para la circulación de las vías.

\* Igualmente, cambiar la señalización preexistente que se encuentre en muy mal acabado.

#### **6.13 Reducciones de calzadas en los puentes existentes, generan sitios de alto riesgo de accidente y no se encuentran bien señalizados.**

Deficiencias: Debido a las especificaciones del plan 2500, el ancho en las calzadas en los puentes será el mismo, y con el aumento de velocidad la accidentalidad también subirá. A pesar que existe una señal que indica la reducción de calzada debido a un puente (SP-36), en este tipo de vías no es suficiente, ya que este incremento en la velocidad y una reducción de esta tan repentinamente producirán que la mayoría de los usuarios desaceleren de forma insegura para las demás personas.

Posibles soluciones:

\*Implementar bandas sonorizadoras acompañadas de la señalización, que sean respetados por los usuarios y que estos se percaten que están próximos a un lugar de reducción de calzada.

\*Implementar reductores de velocidad aumentando la rugosidad de la vía, obligando al conductor a disminuir la velocidad.

#### **6.14 Sitios de alta pendiente en zonas urbanas.**

Deficiencias: La mayoría de señales son para zonas rurales, sin embargo, si se utilizaran este tipo de señalización (ej.: SP-27), las pendientes aparecen en sitios de intersección o en zonas escolares.

Posibles soluciones:

\*Implementar bandas sonorizadoras en el sentido de la calzada con pendiente descendente, acompañadas de la señalización, para que los usuarios se percaten que están próximos a un lugar de alta concurrencia peatonal.

\*Implementar reductores de velocidad en el sentido de la calzada con pendiente descendente, aumentando la rugosidad de la vía, obligando al conductor a disminuir la velocidad.

#### **6.15 Accesos no controlados mediante señalización**

Deficiencias: En una intersección, la vía principal, en la mayoría de los casos es la que tiene menor pendiente, de esta forma, la secundaria es la de alta pendiente. Los usuarios de la vía secundaria deben detener los vehículos completamente antes del cruce para revisar si está pasando otro vehículo y evitar algún accidente; cuando se detiene en una pendiente, el usuario debe tener una gran destreza para “*arrancar el carro en subida*” tan rápido para que en la brecha alcance a pasar la intersección.

Posibles soluciones:

\*Advertir a los usuarios, tanto de la vía principal, como los de la vía de acceso, mediante la ayuda de dispositivos de señalización. No es necesario reductores de velocidad.

\*Evitar que el acceso se haga de manera perpendicular, esto se puede lograr colocando dispositivos que canalicen el tráfico de forma diagonal hacia la vía principal.

#### **6.16 En zonas escolares y urbanas, no se establecen pasos peatonales seguros.**

Deficiencias: En las zonas escolares, cuando la pendiente esta en bajada, el problema es que el vehículo no alcance a detenerse completamente si se encuentra un obstáculo (estudiante o personal de la escuela), ya que obviamente no es lo mismo frenar con la misma velocidad en una vía con pendiente que sin esta.

Posibles soluciones:

\*Implementar bandas sonorizadoras acompañadas de la señalización, que sea respetados por los usuarios y que estos se percaten que están próximos a un lugar de alta concurrencia.

\*Implementar reductores de velocidad aumentando la rugosidad de la vía, obligando al conductor a disminuir la velocidad.

\* Si es posible, colocar puentes peatonales.

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se pudieron formular criterios de seguridad vial que permitieron realizar un diseño de señalización vial típico, para vías de bajas especificaciones geométricas, de acuerdo con los estudios de caso reportados por el INVIAS.

Definiendo las situaciones de análisis para ser consideradas como estudios de caso, de acuerdo con el listado proporcionado por el INVIAS en el Seminario de Seguridad Vial realizado el 8 de Junio de 2007, se concluyó que cada situación tiene más de un problema de señalización, y que en la mayoría de los casos es necesario implementar medidas de reducción de velocidad.

Analizando los tipos de señalización vial y los criterios de seguridad existentes en Colombia, se encontró que tanto los manuales como las auditorías de seguridad vial no ayudan a mitigar en gran parte el índice de accidentalidad en estas vías, por esta razón fue necesario realizar un Diseño de Señalización óptimo para los casos típicos reportados por el INVIAS.

Al momento de evaluar el Manual de Diseño Geométrico de Vías colombiano, se pudo observar que la mayoría de estas situaciones no cumple con las exigencias mínimas para un buen diseño geométrico, generando un alto índice de accidentalidad. Por esta razón fue necesario realizar una investigación de manuales y dispositivos internacionales que ayudaran a mitigar los índices de accidentalidad. Investigando el estado del arte de los diferentes dispositivos utilizados en el mundo, que permitían reducir la velocidad o que podían ser utilizados en la prevención y control de las situaciones críticas, se encontró que la idea fundamental de un buen Diseño de Señalización no es reducir la velocidad porque esa no es la intención al momento de pavimentarla, sólo se debe reducir en casos donde sea realmente necesarios.

Revisando los Manuales de Señalización de países cuyas características topográficas se asemejaban al caso colombiano, o que habían avanzado en el tema de seguridad vial, se pudo concluir que en Latinoamérica la similitud de recomendaciones es tal, que varios manuales son exactamente iguales o simplemente cambian las palabras con sinónimos de la región.

“Todas las investigaciones indican que el factor de control de la velocidad más importante es la forma como los usuarios interpretan las condiciones operacionales de la vía. Las limitaciones legales o la señalización son innecesarias si las características de la vía, por sí solas, limitan la velocidad de circulación a valores prudentes y seguros para su diseño y su entorno.”(Ministerio de transportes y telecomunicaciones, 2000)

Colombia es uno de los países con mayor normatividad en Latinoamérica, tanto el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras como el Manual de Señalización Vial presentan excelentes criterios para el diseño geométrico y de señalización, sin

embargo, “de nada sirve tener una gran normativa jurídica si ésta no tiene una base técnica para favorecer, por igual, a todos los usuarios de las vías: conductores, peatones, usuarios de transporte público, ciclistas, etc.”(Adornetto, 2006).

La falta de conocimiento de algunas de las señales por parte de los usuarios de esas vías, y el ingreso de señales que no se utilizan en el país, podría generar confusión en los conductores y posteriormente pérdida de confiabilidad del Diseño de Señalización. Por esta razón, es importante realizar campañas educativas que sean efectivas en conductores y peatones, las cuales pueden ir acompañadas de la revisión y aplicación estricta de sanciones.

La solución más efectiva para que las autoridades competentes realicen un buen Diseño de señalización y los usuarios tengan confianza a la señalización de estas vías es mediante el sentido de pertenencia, de esta forma, tanto las autoridades como los conductores y peatones entenderán la importancia de las señales en estas vías, especialmente en sus situaciones críticas.

Si se desea implementar el Diseño de Señalización sugerido para estas situaciones críticas en las vías del Plan 2500 en otros países que tengan vías con las mismas características, es importante tener en cuenta que cada país tiene sus propias particularidades y algunos de los diseños no funcionarían, por esta razón, se deben hacer estudios previos que corroboren la utilización de estos dispositivos.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- Ardonetto, C. 2006. **Sistemas Inteligentes de Transporte de PERÚ**. Lima, Perú.
- Cárdenas, J. 2004. **Diseño Geométrico de Carreteras**. ECOE ediciones. Bogotá.
- Dirección General De Caminos Del Mtc. 2001. **Guía de Diseño Geométrico**, Perú.
- Dirección General De Servicios Técnicos. 1986. **Manual de Dispositivos para el control del Tránsito en Calles y Carreteras**. 5ª Edición. México

- Dirección Municipal De Transporte Urbano. 2004. **Plan de Seguridad vial en el área Metropolitana de Lima**. Lima, Perú.
- Fondo de prevención vial. 2006. **Manual de auditorias de seguridad vial para el programa de desarrollo regional y vial “Plan 2500”**. Colombia.
- Garber, N. Hoel, L. 2005. **Ingeniería De Tránsito Y Carreteras**, 3ª Edición, Editorial Thomson. Mexico.
- INVIAS. 1998. **Manual de Diseño Geométrico para Carreteras**. Colombia.
- INVIAS. 2004. **Manual de Señalización Vial**. Colombia.
- Kraemer, C. 2003. **Ingeniería de Carreteras**, Volumen I. Ed. MC Graw Hill. Madrid.
- Kraemer, C. 2004. **Ingeniería de Carreteras**, Volumen II. Ed. MC Graw Hill. Madrid.
- Kraemer, C. Pardillo, M. Rocci, S. Romana, M. Sanchez, V. Del Val, M.; **Ingeniería De Carreteras**, Volumen I, 1ª Edición (en español), Editorial Mc. GRAW HILL. Madrid.
- LEIDERMAN, M. 2004. **Diseño de las vías y su entorno. Impacto en la seguridad Vial. Simposio Internacional de Seguridad y Educación Vial**. Lima, Perú.
- Ministerio De Transportes Y Telecomunicaciones, 2000. **Manual de Señalización de tránsito**. Chile.
- Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. 2000. **Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras Interamericano**. Lima, Perú.
- Ministerio De Transportes. 1986. **Manual de Normas Técnicas para la Señalización, Control y regulación del tránsito en Vías donde se realicen Trabajos**. Chile.
- Universidad De Los Andes. 2004. **Estudio para la elaboración de un manual que sirva de guía a los entes territoriales de carácter municipal y departamental para el diseño y ejecución de sus planes de seguridad vial**. Informe No. 3, Volumen 2. Bogotá, Colombia.