

9 ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA REALIZAR DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL

Para el diseño de señalización, es indispensable conocer a cabalidad las condiciones que un tramo determinado de vía presenta y la forma en que éstos influyen en la operación de la vía. Se analizará la señalización que requiere un sistema vial como la consideración de tres componentes básicos, que en orden de prioridad son: el usuario, la infraestructura vial y las condiciones del entorno; todos ellos crean un ambiente particular de operación de la vía. Como parte de la guía para realizar los diseños de señalización vial, se mencionan en este capítulo los estudios de ingeniería que dan un soporte técnico a la elaboración de estos diseños, en donde tienen prevalencia criterios de seguridad vial para usuarios vulnerables, dentro de los criterios técnicos de ingeniería de uso común.

9.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Cuando se piensa en señalización de cualquier tipo, en primer lugar hay que considerar dónde se ubicarán, según el tipo de vía que a su vez viene influenciada por la cantidad de tráfico y el entorno geográfico que atraviesa; conociendo esto se pasa a determinar el tipo de mensajes que hace falta transmitir y así el tipo de señales que han de ser consideradas para ello.

9.1.1 Tipo de vía

La señalización puede realizarse sobre vías de nuevo trazado, o sobre vías existentes; por vías de nuevo trazado se entenderá todas aquellas que cumplan con lo estipulado en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS. En este tipo de vías se hará todo el diseño de la señalización dentro de las etapas de factibilidad y los respectivos ajustes en la etapa de diseños definitivos.

Sobre las vías existentes, se puede pensar en la señalización como una solución de bajo costo que va orientada a solucionar problemas específicos en la operación de la vía, que generalmente se tratan de accidentalidad en la mayoría de los casos. Existirán casos en donde la instalación de dispositivos de señalización no pueda servir más que como medida provisional debido a que la solución del problema requiere mejoras en los

alineamientos, en las características de la vía o en aspectos determinados de infraestructura.

Se entiende que además las vías existentes en Colombia no cumplen con los parámetros de diseño que plantea el actual Manual de Diseño Geométrico de Vías, y presentarán en su trazado muchas de las condiciones indeseables que se plantean en el mismo.

Los diseños de señalización en vías existentes, pueden involucrar el cambio de la señalización existente mediante la relocalización de las señales, su renovación y mantenimiento así como la actualización de los dispositivos, o el diseño de señalización en una vía existente y que no contaba con señalización.

Un ejemplo de ello puede ser una vía terciaria que es pavimentada y con ello se convierte en una vía secundaria; la señalización tiene que considerar el hecho de que la vía será de 'bajas' especificaciones de diseño geométrico y como tal tiene que suplir al máximo posible las falencias que estas bajas especificaciones originan sobre la vía. La señalización que se instale no se entenderá como la solución a un problema de seguridad vial específico, tan sólo como una medida de mitigación de impactos.

9.1.2 Señales

El uso de señales sobre la vía tiene que responder a una necesidad específica para regular la operación de la vía donde se pretenden instalar. Su utilización deberá mejorar las condiciones de circulación y mitigar impactos negativos, mediante el mensaje que se transmite a los usuarios. Su incapacidad o su insuficiencia en los valores esperados para la mitigación de estos impactos será a su vez lo que justifique la implementación de nuevas medidas e incluso cambios en infraestructura.

La variedad de mensajes que hay que transmitir determinan el tipo de señal a utilizar y dependen de las condiciones del entorno, que son únicas y particulares para cada sitio que requiere ser señalizado. En el caso de las señales que se pueden utilizar, pueden presentarse los siguientes casos frente al uso de las señales recomendadas o que se consideran adecuadas para una determinada circunstancia: señales que no existen y su uso es recomendado, para vías existentes, señales que no existen y su uso es recomendado en vías de nuevo trazado, o bien señales que figuran en el Manual de Señalización Vial, cuyo uso debe desaparecer gradualmente a medida que la infraestructura existente se somete a mejoras, es decir cuyo uso resultará obsoleto en vías de nuevo trazado.

9.2 ESTUDIOS DE OPERACIÓN DE LA VÍA

En el momento de hacer diseños de señalización para vías existentes, hay que estudiar toda una serie de parámetros operativos que serán decisivos para determinar el esquema de señalización más conveniente en un tramo de vía.

La señalización vial ante todo tiene que velar por la seguridad de los usuarios, es por ello que un diseño de señalización no puede hacerse sin antes llevar a cabo los respectivos análisis sobre la seguridad vial del tramo o zona que se pretende señalar. Se consideran para este fin, algunos de los siguientes aspectos que se tendrán en cuenta para el análisis de la seguridad vial: en primer lugar, hay que disponer de planos de todo el trazado en planta y perfil de la vía, y las características de su sección transversal, con el fin de tener un conocimiento preliminar de las características geométricas de la vía, así como una adecuada referenciación (mediante sistemas de georeferenciación, coordenadas o abscisado) de todos los puntos singulares en el mismo.

Dependiendo del tipo de vía y su jerarquía, habrá un nivel de servicio establecido que se espera sea alcanzado en la operación; el alcance de un proyecto vial viene dado por su función y la composición del tráfico esperada, entre otras cosas. Los indicadores de operación no pueden ser iguales en una autopista, una vía principal o vía existente que ha sido mejorada a partir de un diseño anterior.

En el caso de proyectos viales en construcción o de vías de nuevo trazado, el procedimiento se limitará a disponer planos y a identificar puntos singulares en el trazado de la vía, en la medida que aún no se dispondrá muchos de los datos que a continuación se mencionan.

9.2.1 Accidentalidad:

Atendiendo a criterios de seguridad vial, se debe procurar establecer mecanismos o indicadores que midan el factor de riesgo en las vías. Es por ello que en todo momento se debe procurar contar con la información histórica de la accidentalidad del tramo que se pretende señalar.

Para hacer el seguimiento de la accidentalidad⁷⁴ dentro de la consideración de los aspectos de seguridad vial en el trazado de la vía, se analizarán los accidentes ocurridos en los últimos tres (3) años, definiendo claramente el tramo o la zona. Su

⁷⁴ Recomendación tomada del **ANEJO DE SEGURIDAD VIAL EN LOS PROYECTOS DE CARRETERAS DE LA RED REGIONAL DE CASTILLA Y LEÓN**.

análisis tendrá en cuenta todos los accidentes ocurridos en el tramo de estudio (tanto los accidentes con víctimas, como los accidentes con daños materiales), la gravedad del accidente (víctimas mortales, heridos, daños), la tipología de los accidentes, la causa del accidente y si existe alguna relación con las características de la vía, identificando elementos de riesgo y posibles defectos de la carretera, las condiciones atmosféricas existentes en el momento del accidente, el tipo de vehículo afectado por el accidente, el entorno de la carretera, la frecuencia con la que suceden los accidentes, y los periodos de mayor concentración de accidentes. Otras causas que podrían considerarse son los accidentes provocados por fauna u otro tipo de elementos.

Para el cálculo de indicadores que reflejan cualitativamente los aspectos de accidentalidad mencionados, se conocerán los siguientes datos de la carretera, que se mencionan en la Tabla 67. Conociendo los datos que se indican, se podrá hacer el cálculo de los indicadores que se explican en la Tabla 68.

Tabla 67. Datos necesarios para cálculo de indicadores de accidentalidad

Dato a conocer	Notación utilizada
Número de accidentes con víctimas	A_v
Número de víctimas mortales	V_m
Número de accidentes con daños	A_d
Tránsito promedio diario	TPD
Longitud del tramo seleccionado (km)	L
Extensión del período del cual se disponen datos	n

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Indicadores de accidentalidad

Indicador	Ecuación de cálculo
Índice de Peligrosidad “IP” , relaciona el número de accidentes con víctimas en los últimos años con el tráfico registrado.	$IP = \frac{A_v}{\overbrace{CPD}^{365 \cdot L \cdot n}}$
Índice de Mortalidad “IM” , relaciona el número de víctimas mortales en los últimos años con el tráfico registrado.	$IM = \frac{V_M}{\overbrace{CPD}^{365 \cdot L \cdot n}}$
Índice de Accidentalidad Total “IAT” , relaciona el número de accidentes totales (con víctimas y daños materiales) en los últimos tres años con el tráfico registrado.	$IAT = \frac{A_v + A_d}{\overbrace{CPD}^{365 \cdot L \cdot n}}$

Fuente: Elaboración propia con base en información tomada del *Anejo (sic.) de seguridad vial en los proyectos de carreteras de la red regional de Castilla Y León*

Cuando en la carretera objeto de estudio se identifique algún tramo de longitud menor de 1 Km. donde se acumulen los accidentes, se calculará el *IP* para ese tramo singular, y si el valor de *IP* del tramo singular supera el valor de cuatro veces el *IP* medio del tramo en estudio, se realizará un estudio específico del punto por tratarse de un tramo de concentración de accidentes.

Después de identificar los tramos y puntos críticos de un trazado de vía o de una zona específica por medio del análisis de los indicadores mencionados, se evaluarán aspectos de la vía⁷⁵ como el pavimento, la sección transversal, el drenaje, la señalización y las demarcaciones existentes, las estructuras de contención y las características del uso del suelo y el tráfico de la vía, entre otros. Con esto se espera tener una lista precisa de las condiciones que hay que señalar en la vía, y las recomendaciones en mejoramiento de infraestructura que pueden hacerse a raíz de ello y ayudaran a prescindir de una instalación excesiva de señales o de restricciones excesivamente limitantes para la circulación y la operación normal de la vía.

9.2.2 Velocidad

Se considerarán las siguientes distintas clases de velocidad cuando se pretende señalar el límite de velocidad mismo o cuando la velocidad será determinante para la reglamentación o el tipo de advertencia que se formulará sobre la vía:

⁷⁵ Ver el numeral 1.5 del documento, sobre Auditorías de Seguridad Vial.

- Velocidades de diseño: debe ser de total claridad la velocidad de diseño de una vía o de un tramo dado, lo que se determina a raíz de las características del diseño geométrico de la vía. Hay que verificar las velocidades de diseño para los alineamientos verticales y horizontales, así como la influencia prevista en ellas debido a las distancias de visibilidad, la necesidad de efectuar maniobras de convergencia o entrecruzamiento y la aceleración o desaceleración del tráfico en las intersecciones.
- Velocidad genérica: en el “Método para Establecer Límites de Velocidad en Carreteras Colombianas” de la Universidad del Cauca se define una velocidad genérica a una vía o a un tramo específico de un tramo de vía en función de las características de su sección transversal, sus características geométricas (velocidad de diseño, radio mínimo, pendiente máxima, ancho de calzada y bermas), la presencia o no de elementos de contención, control de accesos y presencia de peatones.
- Velocidad real de circulación (velocidad de operación): el estudio de las velocidades de aproximación de los vehículos a elementos determinados en el trazado de la vía da como resultado determinados perfiles de la velocidad de circulación (puntual) en la vía; se prestará especial atención a los puntos singulares del trazado y Se considerarán como puntos singulares las curvas pronunciadas, las curvas situadas a continuación de rectas de gran longitud, las pendientes prolongadas, los cambios de superficie rasante, entre otros. Aquellos puntos del tramo de estudio, en los que la velocidad real de circulación tenga una variación de ± 30 km/h, respecto de la velocidad específica de la carretera se considerarán potencialmente peligrosos. Otros puntos singulares serán determinados mediante la visita a campo.
- Límite de velocidad: tiene que ser concordante con uso del suelo adyacente al trazado de la vía, la jerarquía de diseño y las velocidades antes consideradas. Los efectos de cambios repentinos en los límites de velocidad tienen que ser estudiados y verificados; respecto a la correspondencia de la velocidad de diseño de la vía y el límite correspondiente de velocidad para la vía seleccionada.

9.2.3 Composición del tráfico

Se determinarán los volúmenes y el porcentaje de composición del tráfico por categoría, considerando los vehículos livianos, motocicletas, vehículos agrícolas, ciclistas, peatones, entre otros; se hará un análisis de la influencia en la operación de la vía dada por la coexistencia de estos tráficos y la presencia de

composiciones destacadas que afecten de una determinada manera la operación en la vía, debido a que circulan con diferencias de velocidad muy marcadas.

También tienen que ser considerados los posibles efectos sobre la operación de la vía de incrementos imprevistos en los volúmenes de circulación. Por ejemplo, una proporción elevada de camiones que circulen en una vía crean fuertes restricciones para la visibilidad de los vehículos livianos, por lo que se incrementa la necesidad de disponer de señalización elevada sobre la vía.

9.2.4 Visitas en campo

Las visitas de campo permiten determinar las condiciones existentes de infraestructura y operación con más detalle y por eso permiten a quien diseña la señalización de la vía conocer las condiciones particulares presentes en el trazado de la vía, y la formulación de todo tipo de observaciones adicionales a considerar, que de otra forma no sería posible conocer. Se determinarán puntos singulares adicionales del trazado mediante este procedimiento, el cual se basará en los lineamientos que se citan a continuación, para la evaluación de las condiciones generales del entorno de la infraestructura.

9.3 USUARIOS EN LA VÍA

Aparte de la composición vehicular del tráfico, en vías existentes que se quiere señalar ya tendría que ser conocida, es fundamental caracterizar a los usuarios que se encuentran o se esperan encontrar en la vía; no es lo mismo una vía con alto tránsito de camiones a una vía frecuentada por ciclistas o peatones, o con presencia de todos ellos, por ejemplo.

El orden de prioridad en el que se hará este análisis viene dado por la vulnerabilidad de los usuarios, dada la necesidad primera de proteger la vida y la integridad de los usuarios más vulnerables en la vía. Es por ello que las visitas de campo y la información útil para caracterizar los distintos usuarios de la vía contemplará peatones, ciclistas, ecuestres y vehículos de tracción animal, transporte de carga y transporte público.

Las motocicletas, pese a encontrarse dentro de los usuarios vulnerables en los escenarios que plantea el Plan Nacional de Seguridad Vial, no se considerarán específicamente aquí. Una motocicleta en esencia cuenta con la misma capacidad operativa de un automóvil, puede desarrollar la misma velocidad que éstos. Es por ello que no hay razones para restringir el tránsito de motocicletas en las vías

nacionales más allá de las restricciones que rijan para el tráfico automotor en general.

9.3.1 Peatones

En cuanto a peatones, se identificarán adecuadamente todos los cruces a nivel, en puentes y en pasos subterráneos, así como todos los tramos de vía en que haya circulación de peatones paralela al trazado de ésta, la visibilidad que se tenga de éstos desde la vía, las señales existentes para su protección y el tipo de superficie que exista para su circulación, serán factores decisivos para la señalización de una vía.

Para la señalización de sitios con flujo de peatones (ver Figura 154), se hará uso de la señal SR-19 en tramos de carreteras donde la circulación de peatones sobre la vía sea frecuente y no haya espacio adecuado para su circulación a los costados de la vía; esto impondrá una reglamentación a los peatones y a su vez advertirá a los vehículos de la posible presencia de éstos sobre la vía.

En caso de carreteras donde se disponga de espacio o un sendero adecuado y accesos controlados, se recomienda la ubicación de la señal SR-20, de forma tal que sea visible para los peatones en los puntos donde éstos podrían entrar a la vía; y que al mismo tiempo NO sea visible desde la calzada.

Figura 154. Señales utilizadas para regular el flujo de peatones



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

Para prevenir al usuario de la vía sobre la presencia de peatones que pueden cruzar la vía, se utilizarán las señales SP-46, SP-47 o SP-48 según corresponda (ver numeral 7.2 sobre zonas escolares). Adicionalmente a ello, se recomienda el uso de la señal SP-46 “Peatones en la vía” con una placa señal complementaria de limitación de velocidad, como se indica en el MSV; antes de la presencia de un paso peatonal a nivel sobre la vía, se indicará con una señal informativa SI-24.

9.3.2 Ciclistas:

En el caso de encontrar tramos de vía con tránsito frecuente de ciclistas o un cruce determinado con una vía ciclista, se regulará su flujo con las señales que se muestran en la Figura 155.

Figura 155. Señales utilizadas para la regulación del tránsito de ciclistas



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

En casos en los que por motivos de seguridad vial se tenga que prohibir su circulación, se ubicará la señal SR-22, respecto a la cual dice el manual que “se hará en vías rápidas o autopistas en donde se dificulte la movilidad de los vehículos y se puedan generar accidentes”. Se ubicará en cada acceso a la vía de donde pudiera esperarse el ingreso de ciclistas a la vía. En la medida de lo posible se ubicarán de forma que no sean visibles al tráfico automotor, previamente a estos, se ubicará la señal reglamentaria SR-37, que indique con claridad el trayecto obligatorio por el que las bicicletas deben circular, y que llevará la flecha inclinada a 45° como se indica en el MSV Colombiano. Se entiende que se prohíbe la circulación de bicicletas sobre la calzada cuando haya una ruta opcional paralela al trazado de la vía que éstas pueden seguir.

En vías que disponen de una berma de características adecuadas, no será estrictamente necesario disponer de alguna de estas señales, ya que los ciclistas usarán la berma para su propia seguridad y comodidad en la circulación; se podrá utilizar la señal SP-59 en donde se considere necesario hacerlo.

En cualquier vía con presencia frecuente de ciclistas y donde no exista una berma en condiciones óptimas que haga que los ciclistas tengan que utilizar los carriles de circulación, se utilizará la señal SP-59; su ubicación será reiterativa, y se recomendará ubicar las señales SP-59 con distancias equivalentes a un minuto de recorrido sobre la vía. Esto recordará a los conductores estar alerta a los ciclistas que posiblemente encontrará en la vía.

Las señales SR-22, SR-37 y SI-11 se harán en los tamaños que se especifican en el Capítulo 9 sobre ciclorrutas del Manual de Señalización Vial, ya que al regir para los ciclistas se tendrá que garantizar simplemente que resulten visibles para ellos.

Para cualquier cruce de una vía y una ciclorruta, se señalizará la vía con la señal SP-59 y una placa complementaria que indique “CRUCE CICLORRUTA XXX m”. Se puede incluso otorgar mayor énfasis a esta señal agrandando su tamaño y reflectorizándola.

9.3.3 Ecuestres y cabalgaduras

Cuando la vía sea frecuentemente utilizada por jinetes o vehículos de tracción animal, se podrá prohibir su circulación, o bien reglamentarla. Si se considera por parte del personal idóneo y bajo la debida sustentación que lo más conveniente es prohibir su circulación se utilizarán las señales verticales SR-21 y SR-25. (ver Figura 156); en caso de reglamentarse, se recomienda la colocación de placas complementarias que indiquen los períodos del día o de la semana en que estará prohibido hacerlo.

En caso de permitir su circulación, será necesario advertir al conductor de su frecuente presencia en la vía; no hay señales en el MSV con las que se pueda advertir la presencia de ecuestres en la vía. Sólo existe la señal SP-49 para advertir de la presencia de animales en la vía, siendo esta referente explícitamente al ganado. Como medida alternativa, se reducirá la velocidad de circulación sobre la vía hasta límites razonables.

Figura 156. Señales utilizadas en el MSV para la regulación del tránsito con animales de tiro.



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

9.3.4 Transporte de carga

El MSV Colombiano impone cuatro tipos de restricciones para la circulación de vehículos de carga:

- En zonas urbanas, debido a la congestión vehicular o peatonal, o a las molestias ocasionadas a los residentes.
- Peso máximo total permitido: dice el MSV Colombiano al respecto que se colocará en puentes, en obras de arte civiles o en otros lugares de la vía donde sea necesario limitar el peso de los vehículos por la capacidad de soporte de las estructuras.
- Altura máxima permitida: restricciones de altura a los vehículos o a la carga que llevan.
- Ancho máximo permitido: restricciones de ancho de los vehículos o de la carga que llevan.

Para toda vía que se quiera señalizar, será obligatorio conocer las características de diseño de los pavimentos que la conforman, y de todas las estructuras de paso con las que cuente, para identificar todo punto que pueda ofrecer restricciones al paso de vehículos de ciertas características; se tiene que verificar que los anchos de carril y los radios de giro sean los adecuados para todo tipo de vehículo de carga. En caso de que la vía no resulte apta para un tipo de vehículo en particular, se tendrá que restringir la circulación para ese tipo de vehículos en la vía, por que la vía no tendrá las condiciones adecuadas.

Después de identificar las infraestructuras que originan restricciones a la circulación, se identificarán los tramos a los cuales se impondrá la restricción. Cada inicio de un tramo de restricción deberá estar ubicado en un cruce o en un punto tal, que permita a los vehículos finalizar adecuadamente el viaje o tomar otra trayectoria, si a ellos aplica la restricción y por lo tanto no pueden hacer uso de la vía.

A una distancia prudencial antes del inicio del tramo se utilizará la señal preventiva correspondiente a la restricción (ver recomendaciones del numeral 3.6.2), y en el punto mismo del inicio del tramo se ubicará la señal reglamentaria correspondiente. Tal como lo indica el MSV Colombiano, las señales reglamentarias deberán ser concordantes con la dimensión expresada en la señal preventiva correspondiente (ver Tabla 69 y Figura 157).

En zonas urbanas se utilizará en primer lugar la señal SR-18 y será necesario que posea una placa complementaria donde indique con exactitud a qué clase de vehículos de carga aplicará la restricción; la señal se complementará además con el uso de señales informativas que indiquen la ruta alterna u obligatoria a seguir a los vehículos que no cumplen con estas restricciones.

En la Figura 158 se muestran ejemplos de la disposición de las señales para advertir al usuario de la vía la existencia de una restricción de circulación a vehículos de transporte de carga.

Tabla 69. Señales del MSV Colombiano para la restricción de vehículos de carga

RESTRICCIÓN	SEÑAL PREVENTIVA	(SEÑAL REGLAMENTARIA)
Circulación prohibida de vehículos de carga	Ninguna	SR-18
Peso máximo total permitido	SP-38	SR-31
Altura libre (máxima permitida)	SP-50	SR-32
Ancho libre (máximo permitido)	SP-51	SR-33

Fuente: Elaboración propia

Figura 157. Algunas señales del MSV para la restricción de la circulación de vehículos de carga.

SR-18



SR-31

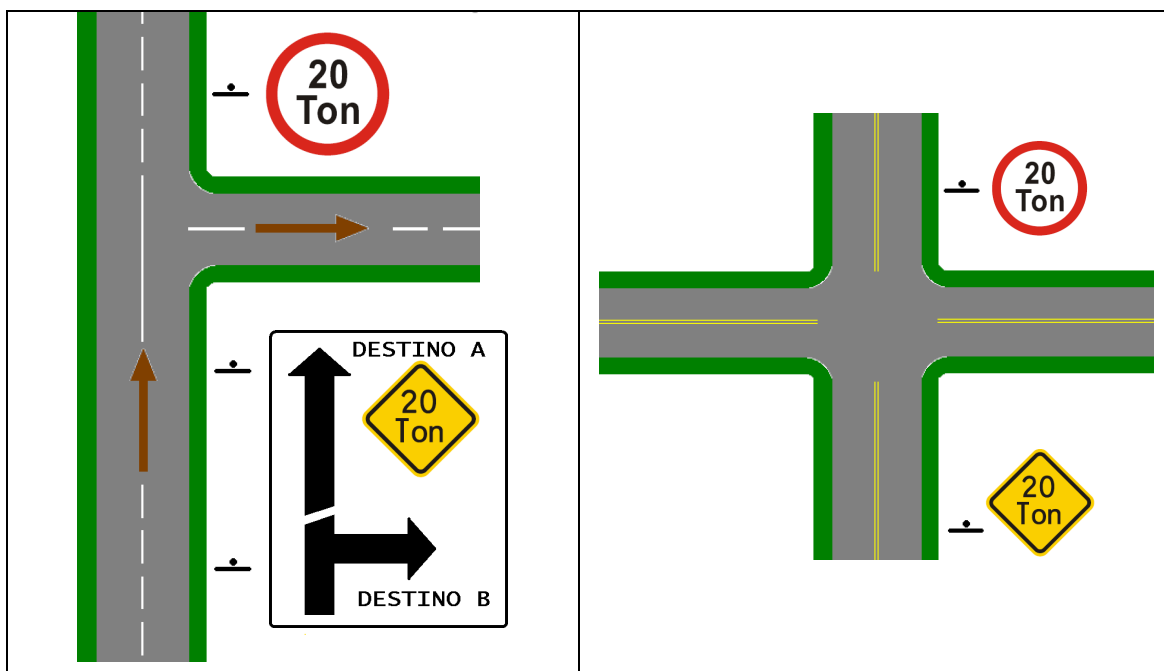


SP-38



Fuente: Elaboración propia

Figura 158. Señalización en vía de restricciones al transporte de carga.



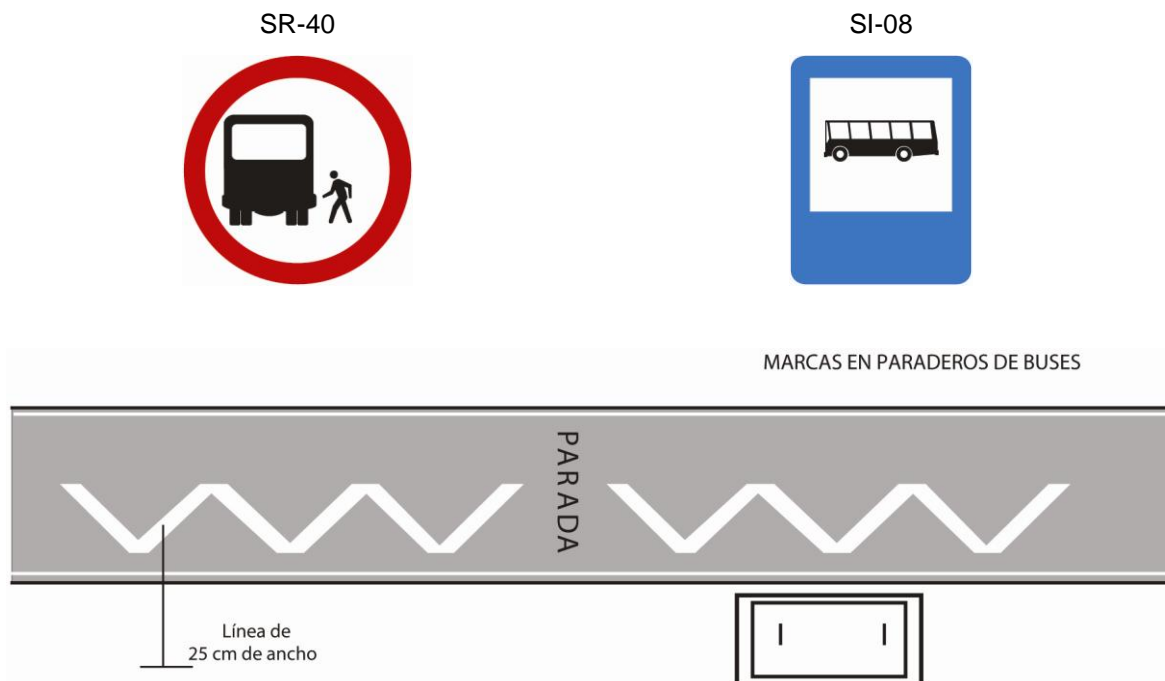
Fuente: Elaboración propia

Es de mencionar que el MSV plantea restricciones en cuanto a la altura de los vehículos así como a su ancho, pero no plantea restricciones sobre la longitud máxima que deberían tener los vehículos que circulen sobre cierto tipo de vía; principalmente en vías de bajas especificaciones; en el caso que la vía no cumpla con los requisitos de diseño y no haya trayectorias alternas. Por ejemplo, se podría advertir a los usuarios de la vía que cedan el paso ante la maniobra de uno de estos vehículos en la vía.

9.3.5 Transporte público

Las paradas de transporte público deben estar adecuadamente posicionadas y señalizadas, mediante los estudios de demanda de pasajeros y de capacidad y nivel de servicio de la vía, se determinará la mejor ubicación de éstos sobre la vía. Se recomienda el uso de la señal SR-40 en el sitio mismo de la parada y el uso de la señal SI-08 de forma anticipada indicando la distancia que éstos deberían tener al cruce; así mismo, se deberán complementar con las marcas que corresponden a los paraderos de buses.

Figura 159. Señalización horizontal y vertical indicada en el MSV para indicar paraderos de bus.



Fuente: Elaboración propia

9.4 CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

A continuación se describen tres aspectos claves a tener en cuenta para caracterizar la infraestructura vial que se pretende señalar: intersecciones, alineamiento y sección transversal; también se mencionan las medidas más relevantes que se pueden aplicar en materia de señalización vial de acuerdo a lo que encontrado en el proceso de caracterización.

9.4.1 Intersecciones

En primer lugar se identificarán todas las intersecciones que la vía tenga en su trazado y el tipo de cada una de ellas (a nivel, a desnivel, canalizada, sin canalizar, glorieta, bifurcación, entre otros), así como las distancias que existen entre unas y otras; de igual manera se deberán conocer los volúmenes de tráfico que maneja cada una de ellas.

Su diseño tiene que ser el apropiado, para el alcance o el objetivo de la intersección, su función y la composición de tráfico que maneja, así como las

medidas propuestas para el manejo de tráfico de la misma. Se tendrá que hallar libre de obstrucciones que impidan la adecuada visibilidad, desde posibles vehículos estacionados hasta elementos fijos o del mobiliario de la vía, como postes; en caso contrario, habrá que adoptar otra serie de medidas más restrictivas que garanticen la seguridad en la circulación.

Es importante que los conductores puedan advertir la presencia de la intersección con suficiente anticipación, y se deberán identificar aspectos específicos en el tránsito, así como aspectos de seguridad vial que justifiquen o desfavorezcan un diseño en particular.

En glorietas y todo tipo de intersección en general, hay que considerar los movimientos ciclistas y peatonales; en intersecciones tipo “X”, “Y” o “T” las prioridades de paso se han de encontrar bien definidas, o en curva, las prioridades se definirán de acuerdo a los volúmenes y trayectorias de circulación predominantes, de acuerdo a los estudios de tránsito en el cruce.

Las señales preventivas del MSV desde la SP-11 hasta la SP-23 (ver Figura 160) sirven para indicar al usuario cómo será la geometría del cruce; el esquema que manejan estas señales en la actualidad no da mayor idea sobre cual es la vía que tiene la prioridad definida ni sobre la geometría exacta de la misma. Al respecto se sugiere que las señales tienen que mostrar mediante variaciones en el grosor y la forma de los esquemas la información necesaria para el usuario en la vía; en todo cruce la señalización vertical y horizontal debe definir claramente rutas e itinerarios a seguir.

Figura 160. Señales preventivas de cruce



Fuente: Imágenes extractadas del Manual de Señalización Vial.

En toda intersección se verificará que las maniobras a efectuar sean las convenientes de acuerdo al diseño, y que se garanticen las distancias de visibilidad. En el caso de la incorporación de una nueva vía a una vía existente, se tiene que analizar la influencia que tenga para la operación de ambas como un sistema.

9.4.2 Alineamiento

Se tienen que identificar los puntos y tramos en la vía sobre los cuales existen combinaciones indeseables en cuanto a los alineamientos (numeral 8.1.1 del Manual de Diseño Geométrico), tanto horizontales como verticales y sus combinaciones.

Dentro de las condiciones indeseables se hallan los alineamientos rectos de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos, los alineamientos rectos de gran longitud a expensas de pendientes fuertes y los tramos con pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos. En cuanto a las combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado: La principal consecuencia de esta combinación es la pérdida de ramos con oportunidades de adelantamiento en la vía. La coincidencia entre curvas verticales convexas y puntos de inflexión de curvas horizontales también es una condición indeseable.

Ante situaciones de carreteras en donde no se harán rectificaciones de los alineamientos en el corto plazo, se recomienda por motivos de seguridad restringir la circulación hasta niveles de prohibición adecuados; existen varias formas de hacerlo, desde la variación de los límites de velocidad hasta la formulación de velocidades sugeridas, o imponiendo límites de velocidad diferenciados, mediante ello se puede llegar a facilitar las maniobras de adelantamiento por parte de vehículos livianos, el uso de carriles adicionales de ascenso, entre otros.

El MSV Colombiano sólo tiene la señal SR-30 para reglamentar la velocidad máxima, como recomendación, se debe implementar el uso de placas de velocidad sugerida adosadas a las señales preventivas, y pensar en la implementación de límites diferenciados de velocidad por tipo de vehículo. En general se verificará que el alineamiento de la vía y la señalización de acuerdo al tipo de vía permitan una consistencia en la velocidad.

9.4.3 Sección transversal de la vía

Se verificará que las estructuras de drenaje, servicios, iluminación, señalización, acomodación de peatones y ciclorrutas no interfieran ni creen amenazas para la seguridad de la vía.

Se identificarán los tramos donde los anchos de carriles, bermas, separadores, etc., cumplan con los estándares requeridos para el tipo de vía, el alineamiento, el tráfico, el tipo de vehículos, las velocidades de circulación, y las combinaciones de volumen y velocidad que sobre ella se presenten.

En las bermas y los costados de la vía, se comprobará si cuentan con protección o no, y su ancho es el ideal, y de la misma manera, si pueden ser utilizadas con seguridad por los ciclistas o vehículos de bajas velocidades.

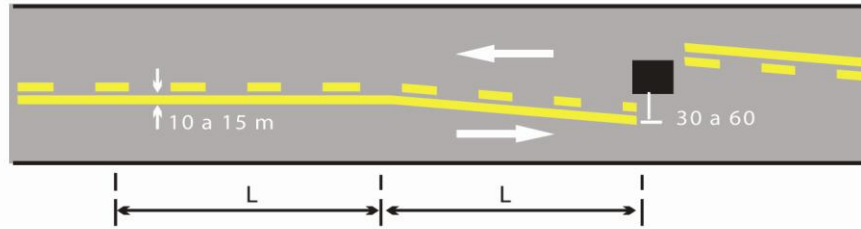
Todo punto donde existan cambios en la sección transversal, por la ampliación o reducción de calzada o número de carriles será referenciado como punto singular, y se estudiará si las variaciones en la sección transversal pueden tener un efecto adverso para la seguridad de la vía, y de la misma manera que los dispositivos de control del tránsito que existen no creen condiciones inseguras. Por ejemplo, se verificará que los delineadores y las marcas sobre la vía indiquen adecuadamente los cambios en el alineamiento, y que los delineadores y el trazado de la vía serán adecuadamente reconocidos.

En caso de no existir dispositivos adecuados de control, se dispondrán de forma tal que el trazado de la vía se perciba adecuadamente, bajo toda condición de clima e iluminación. Los cruces ferroviarios, puentes y otros puntos que representen amenazas sobre la vía se identificarán de la misma forma; en el caso de puentes, la señal SP-36 se utilizará siempre que haya una reducción del ancho efectivo disponible de la calzada.

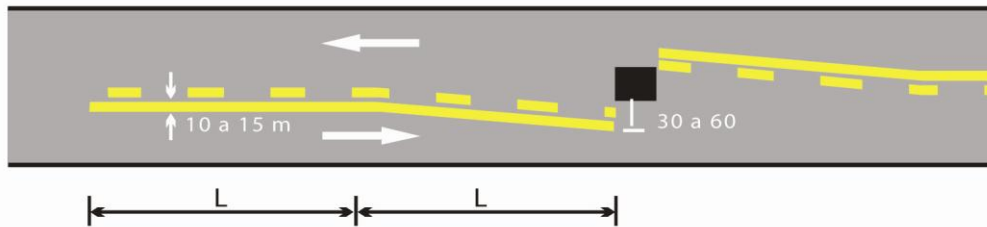
Desde el punto de vista de la ingeniería de tránsito, la presencia de estructuras laterales, como drenajes con funcionamiento o ubicación inadecuados en el área de la calzada, la berma o del área de despeje de la vía crea riesgos de accidentalidad ante el impacto; mediante el uso de delineadores de objetos se tiene que delatar su presencia, o mediante el uso combinado de delineadores y demarcación de aproximación a obstrucciones. Se tendrán que proteger con barreras de contención, de acuerdo con la necesidad.

Figura 161. Demarcación de aproximación a obstrucciones

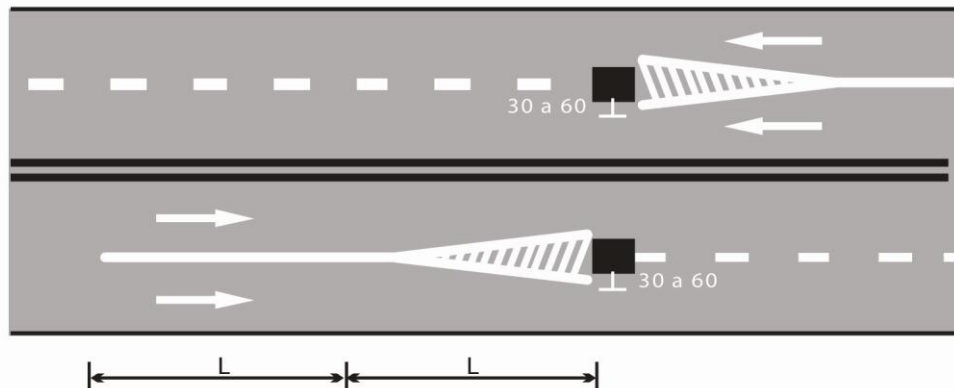
a) Centro de vía de 2 carriles con línea central sólida



b) Centro de vía de 2 carriles sin línea central sólida



d) El tránsito pasando por ambos lados de la construcción



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia.

En caso de estructuras como los box culvert, que implican una reducción del ancho efectivo de la calzada, se utilizarán delineadores, marcas horizontales y una señal preventiva de reducción de calzada. Se observará también si los postes y demás instalaciones laterales que lo ameriten se encuentran protegidas del impacto, si restringen el paso de ciclistas y peatones y si en suma, constituyen un riesgo para la vida de los usuarios de la vía.

9.5 CONDICIONES DEL ENTORNO DE LA VÍA

A continuación se describen de forma breve algunas de las condiciones del entorno de la vía más relevantes y que afectan la operación de la vía, resumidas en dos grandes categorías: usos del suelo en torno a la vía y condiciones medioambientales.

- **Usos del suelo en torno a la vía:**

Si existen centros generadores de tráfico sobre la vía, como centros comerciales o zonas residenciales determinadas, o algún tipo de desarrollo urbanístico que afecta de forma muy influyente la operación de una vía, se requiere en primer lugar imponer restricciones de velocidad. Algunos de estos sitios especiales se muestran en la Tabla 70. También se verificarán los criterios de distancia de visibilidad sobre la vía.

Tabla 70. Sitios especiales y velocidad sugerida

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO	VELOCIDAD (km/h)
Pasos por zonas urbanas y semi-urbanas	50
Paso por zonas recreacionales: balnearios, restaurantes, estaderos, sitios de atracción turística	50
Puentes angostos y cuellos de botella	40
Paso por zonas escolares	30
Curvas restrictivas y otros	Calcular

Fuente: Método para establecer límites de velocidad en carreteras colombianas. Universidad del Cauca, 2010.

- **Condiciones de seguridad medioambiental:**

Se considerarán todas las limitaciones a la operación que puedan presentarse debido al clima y otras restricciones naturales. Aquí se notarán en las visitas a campo si existen en la vía condiciones como vegetación densa, taludes rocosos muy empinados, los efectos del viento, niebla y si el diseño ha tomado adecuadamente bajo consideración estos aspectos.

En el caso de existir vegetación densa, es obligatorio que la vegetación no interfiera de ninguna manera en la superficie de la vía, esta situación no puede ser tratada con ninguna señal específica, en ninguna forma, y el mantenimiento debe ser de obligatorio cumplimiento.

Se señalará la presencia de taludes con riesgo de desprendimiento de material rocoso mediante el uso de la señal SP-42. Se aconseja que su uso sea complementado con el uso de una placa complementaria que indique la longitud en la cual el riesgo persiste.

Figura 162. Señal preventiva SP-42



Fuente: Manual de Señalización Vial, Colombia

El viento muy fuerte restringe obligatoriamente la circulación y crea riesgos. El Manual de Señalización Colombiano no tiene ninguna señal específica que advierta sobre la presencia de viento fuerte en la vía. La niebla que se presenta periódicamente en un tramo de vía restringe fuertemente las condiciones de visibilidad. Se sugiere en este caso imponer limitaciones de velocidad diferentes bajo condiciones de presencia y ausencia de neblina.

Se entiende que el funcionamiento inadecuado de los sistemas de drenaje, la presencia de cauces periódicos, temporales o estacionarios o condiciones topográficas y ambientales particulares pueda crear inundaciones en la vía en temporadas de lluvia. En caso que esta sea la situación, hay que advertir al usuario del riesgo de inundaciones en la vía. En el MSV Colombiano no hay una señal que advierta sobre la posibilidad de encontrar ese peligro en la vía. Una señal de este tipo ubicada en una vía de nuevo trazado sería inadmisibles, pero a nivel nacional hay muchas vías existentes que pueden presentar ese problema. En todo caso, la señalización que se implemente en ningún caso se entenderá como una solución a un problema que es solo rectificable mediante las debidas modificaciones en infraestructura.

Las vías cuyo trazado pasa cerca a las cabeceras de pistas de aeropuertos tendrán sobrevuelos de aviones a baja altura, los que pueden generar una fuerte distracción al usuario de la vía, siendo una amenaza para la seguridad. En el MSV Colombiano no hay señales que puedan advertir sobre esta situación en particular.

La presencia de luz solar al amanecer o al atardecer que creen problemas de visibilidad se deban considerar en el momento de señalizar con cualquier tipo de señal o dispositivo, de forma que la visibilidad sobre el trazado de la vía y de los dispositivos se mantenga al máximo posible en condiciones críticas.

Otras condiciones pueden venir relacionadas con el paisajismo de la vía que puede restringir la operación por limitar la visibilidad, infraestructura de servicios básicos (electricidad, acueducto) en las inmediaciones de la vía, la presencia de sitios de parada predilectos (como miradores paisajísticos o atracciones turísticas) y los cambios de condiciones en la vía, como el paso de vía rural a urbana; o en general la presencia de cualquier elemento no citado y que genere amenazas a la seguridad vial. Para cada caso y su localización, se analizarán de forma particular las condiciones que justifiquen la implementación de medidas reglamentarias o restrictivas y los mensajes preliminares que sean necesarios.