



ISSN 0188-7297



AUDITORIAS EN SEGURIDAD CARRETERA. PROCEDIMIENTOS Y PRACTICAS

*Emilio Mayoral Grajeda
Abel Contreras Zazueta
Jesús Chavarría Vega
Alberto Mendoza Díaz*

**Publicación Técnica No. 183
Sanfandila, Qro, 2001**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Auditorías en Seguridad Carretera.
Procedimientos y Prácticas**

Publicación Técnica No. 183
Sanfandila, Qro. 2001

Este trabajo fue realizado en el Instituto Mexicano del Transporte por Alberto Mendoza Díaz, Coordinador de Seguridad y Operación del Transporte y por los investigadores Emilio Mayoral Grajeda, Abel Contreras Zalzueta y Jesús Chavarría Vega integrantes de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte.

Indice

	<u>Página</u>
Resumen	IX
Abstract	XI
Resumen Ejecutivo	XIII
1 Introducción	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Alcances	2
2 Antecedentes	5
2.1 Historia	5
2.2 Definición	6
2.3 Objetivos de las Auditorías en Seguridad Carretera	8
2.4 Beneficios	9
3 Aspectos Relevantes de una Auditoría	11
3.1 Las Partes de una Auditoría y su Papel en la Organización	11
3.1.1 El Projectista	11
3.1.2 El Auditor	11
3.1.3 El Cliente	12
3.2 Características de un Auditor	12
3.3 Métodos para llevar a cabo una Auditoría	13
3.4 Fases de una Auditoría	14
3.4.1 Fase 1: Factibilidad	15
3.4.2 Fase 2: Anteproyecto	15
3.4.3 Fase 3: Proyecto Definitivo	15
3.4.4 Fase 4: Pre-apertura	16

	<u>Página</u>
3.4.5 Fase 5: Carretera en Operación	16
3.5 Categorías de Actuación y Selección de Proyectos	17
3.6 Guías de Evaluación	19
3.6.1 Seguimiento de las Auditorías para Carreteras en Operación	24
3.7 Aspectos Legales	26
4 Principios Básicos para el Diseño de Carreteras Seguras	27
4.1 Velocidad de Proyecto	27
4.2 Características Geométricas	29
4.3 Expectativas del Conductor	31
4.4 Distancias de Visibilidad	31
4.5 Señalamiento	33
4.5.1 Marcas en el Pavimento	33
4.6 Seguridad en las Márgenes	34
4.6.1 Zona Lateral Libre de Obstáculos	34
4.6.2 Sección Transversal	37
4.6.3 Superficie de Rodamiento	37
4.6.4 Objetos Fijos	37
4.7 Control de Accesos	40
4.8 Zonas de Obra y Mantenimiento	42
4.8.1 Principios Básicos para Lograr la Seguridad Vial en Zonas de Obra	42
4.9 Intersecciones y Enlaces	43

	<u>Página</u>
5 Procedimiento de las Auditorías	47
5.1 Selección del Auditor	47
5.2 Entrega de la Información del Proyecto	50
5.2.1 Propósito del Proyecto	50
5.2.2 Datos del Sitio	51
5.2.3 Planos y Dibujos	51
5.3 Reunión Inicial	51
5.4 Evaluación de Documentos	52
5.5 Inspección del Sitio	53
5.6 Reporte de una Auditoría	55
5.7 Reunión Final	58
5.8 Seguimiento	58
6 Conclusiones y Recomendaciones	61
Referencias Bibliográficas	63
Anexo 1 Reporte de Auditorías en Seguridad Carretera	65

Resumen

A nivel mundial se publican constantemente recomendaciones dirigidas a considerar a la seguridad vial como un componente esencial en la calidad de vida de una sociedad. Con el propósito fundamental de reforzar la seguridad en las carreteras mexicanas, en este trabajo se describen los factores principales para instalar una Auditoría en Seguridad Carretera (ASC), en todas y cada una de sus diferentes fases, de tal manera que se pueda garantizar un alto nivel de seguridad para los usuarios del camino. Es decir, se busca asegurar que los aspectos de seguridad en los proyectos de la Red Carretera Federal sean revisados y estudiados bajo el enfoque de un procedimiento formal; de tal manera que los usuarios de la infraestructura sean expuestos a un mínimo de riesgo. Se dan los elementos necesarios para que el proceso de una ASC permita, entre otras cosas: (I) Reducir los costos totales de un camino durante toda su vida útil, (II) Minimizar los riesgos de accidente sobre la red carretera y (III) Insistir sobre la importancia y oportunidad que tiene la ingeniería en vías terrestres en la solución del problema de la inseguridad vial. Se proporciona las reglas para que cualquier autoridad responsable de la seguridad carretera lleve a cabo una ASC.

Abstract

At the world every day publish the recommendations addressed to considerate to the safety road as an essential component in the quality of life of the society. With the main propose of encourage the safety on the Mexican road, this work describes the important elements for install on the Mexican Road a Road Audit Safety (RAS) in all and every one of the phases, for warrant a level high of safety to the road users. That is to say, the RAS looks to provide that all geometric design are examined over a systematic procedure, so that road users have a risk minimum. This document provides the principal elements in order that a RAS allows: (I) Reduce the total costs of a road during her utility life, (II) Minimize the accident risks on the road network, and (III) Insist that Engineering specialize in road safety has a opportunity and importance on the solution of the problem of the road insecurity. This work concludes with a code of best practice, in order that any responsible authority of the road safety can to carry out a RAS.

Resumen Ejecutivo

Mejorar sustancialmente la seguridad vial en carreteras continúa siendo motivo de gran interés para los expertos, preocupación para las autoridades y uno de los grandes desafíos que enfrenta hoy en día la sociedad mexicana.

Una estrategia que ha venido utilizando la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en los últimos años para tratar de reducir la accidentalidad y sus costos asociados, ha sido la aplicación de medidas correctivas, ya que éstas han demostrado un alto grado de eficiencia de acuerdo a su relación beneficio/costo, lo que ha impulsado, dentro de cualquier política de seguridad vial, que los recursos que se asignan para la aplicación de este tipo de medidas se consideren prioritarios. Sin embargo, es importante resaltar, que los recursos que se destinan para el desarrollo de estas tareas, desde el punto de vista de la seguridad vial, generalmente representan una solución a un problema manifiesto, a través del cual se ha originado un número significativo de accidentes, lesionados y muertos, olvidando el papel clave de la prevención.

En este sentido, los autores de este trabajo, piensan que la aplicación de este tipo de medidas, preferentemente debiera hacerse de manera contraria; es decir, que antes de que trataran de ser una solución a un problema existente, pudieran mediante un análisis de riesgos, contribuir a prevenirlo o evitarlo. Lo anterior podría conseguirse mediante la revisión de los principios de seguridad con que se planea, se diseña y se construye un camino, y de todos aquellos factores relacionados con la operación y mantenimiento que representen un riesgo potencial para la seguridad.

El trabajo que se desarrolla es uno de los primeros esfuerzos dirigidos a este fin; en él se engloban los procedimientos y prácticas para aplicar y revisar dichos principios de seguridad y los factores relacionados con la operación y mantenimiento de un camino, en algo que se ha dado por llamar "*Auditorías en Seguridad Carretera*", las cuales han probado ser una herramienta efectiva para mejorar la seguridad vial. Por lo tanto, el objetivo general es definir los procedimientos y prácticas vigentes de las Auditorías en Seguridad Carretera; específicamente, se pretende generar una guía práctica de procedimientos que permita en un futuro próximo poder aplicarlas en México.

Los procesos de las Auditorías en Seguridad Carretera fueron desarrollados inicialmente en Gran Bretaña por el ingeniero Malcolm Bulpitt, del

Departamento de Carreteras y Transporte del Condado de Kent en 1996 y adoptados poco tiempo después por otras administraciones locales y regionales, antes de que, en 1991, el Departamento de Transportes del Reino Unido los convirtiese en obligatorios para todas las carreteras y autopistas de ese país. Países europeos, Australia y Nueva Zelanda, entre otros, han instalado este tipo de proceso en sus planes nacionales de seguridad carretera.

Una Auditoría en Seguridad Carretera se entiende como un proceso formal de revisión de un proyecto, de una carretera nueva antes de que ésta sea abierta al tránsito, de los trabajos de conservación y mantenimiento, de la operación y funcionamiento, o de cualquier otro proyecto que afecte las condiciones de circulación de un camino. En el curso de una auditoría en seguridad, un experto o equipo de expertos calificados e independientes analizan el nivel de seguridad, poniendo de manifiesto todos y cada uno de los riesgos potenciales; por lo tanto, el objetivo principal es identificar y atender dichos riesgos desde las primeras etapas del proyecto, en el entendido de que las medidas correctivas que se apliquen resultan más caras una vez construido el camino.

A partir del objetivo principal de las auditorías en seguridad carretera, se pueden establecer los siguientes objetivos secundarios: (I) identificar los riesgos potenciales en las zonas adyacentes al camino y en todas las obras del mismo, (II) resaltar la importancia de la seguridad vial en el proyecto de carreteras de cara al usuario, y (III) reducir el costo total del proyecto a lo largo de su vida útil. Los diseños mal concebidos, resulta caro corregirlos una vez construidos.

No obstante que los beneficios de las Auditorías en Seguridad Carretera son difíciles de cuantificar, se han identificado los siguientes: (I) reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes, (II) reducir la severidad de los accidentes, (III) destacar la importancia de la seguridad vial dentro de los ingenieros encargados del diseño de carreteras y del control del tránsito, (IV) reducir las inversiones en medidas correctivas, y (V) reducir el costo total del proyecto dentro de la comunidad, si se incluyen accidentes y sus costos asociados.

Los procesos de una Auditoría en Seguridad Carretera, no atañen a una sola persona o entidad, sino que requieren de la interacción de diversas partes u organizaciones, en donde el papel que juega cada una de ellas debe ser claramente definido. Las partes principales que intervienen en una auditoría en seguridad carretera son: el proyectista, el auditor y el cliente, siendo el auditor la pieza clave y más importante durante la realización de una Auditoría en Seguridad Carretera; por ello, es fundamental que éste

posea sólidos conocimientos y experiencia suficiente en áreas de la ingeniería de seguridad vial, investigación de accidentes, manejo del tránsito y diseño geométrico de carreteras y que cuente con ciertas características y habilidades imprescindibles para desarrollar adecuadamente su actividad. Sin embargo, dada la diversidad de tópicos que se incluyen dentro del dominio de una auditoría, la situación ideal sería contar con un equipo en el que se incluyera un experto en cada uno de ellos, ya que difícilmente se encontrará una persona que posea un amplio dominio de todos los tópicos.

Uno de los aspectos más relevantes dentro del proceso de aplicación de una Auditoría en Seguridad Carretera, es determinar el momento en que ésta puede llevarse a cabo. Aunque una auditoría es un proceso continuo dentro del ciclo de vida de un proyecto carretero, su aplicación puede verse restringida en función de la limitación de los recursos con que se cuenten (humanos y materiales) y de las características propias de cada proyecto, por lo tanto, dependiendo de estos factores y de las políticas adoptadas, una auditoría se puede llevar a cabo en una, varias o todas de las etapas de un proyecto. Estas etapas se dividen en: factibilidad, anteproyecto, proyecto definitivo, antes de abrir el camino al tránsito y caminos en operación.

El uso de una guía de evaluación puede ser de gran utilidad para llevar a cabo las Auditorías en Seguridad Carretera. Su valor recae, principalmente, en proporcionar un indicador de los elementos del camino que deben ser revisados, enfocándolos sólo en aspectos relevantes relativos a la seguridad vial. Pueden también ser una guía para los proyectistas e ingenieros de caminos, ya que les proporciona una comprensión rápida de los que serán evaluados y permiten que aquellos proyectistas que tienen una menor experiencia aborden su trabajo con mayor confianza. Sin embargo, la experiencia internacional indica que enfatizar sobre los detalles técnicos, alienta al uso de la guía de evaluación como una hoja de revisión, en lugar de permitir que el auditor emplee su experiencia y buen juicio.

Dado que las auditorías en seguridad carretera exigen durante su desarrollo, revisar y analizar los principios básicos con que ha sido diseñado y construido un camino, en este documento se incluyen algunas indicaciones sobre dichos principios básicos del diseño y construcción de una carretera, relacionados con la seguridad vial de los usuarios.

En la Figura 1 se muestra de manera esquemática el proceso de una auditoría; se indican los pasos que deben seguirse para completar la realización de la auditoría, señalando para cada actividad en quién recae la responsabilidad de llevar a cabo dicha actividad. El proceso inicia desde la

selección del auditor hasta el seguimiento de las recomendaciones hechas por éste, independientemente de la etapa del proyecto en que sea aplicada la auditoría.

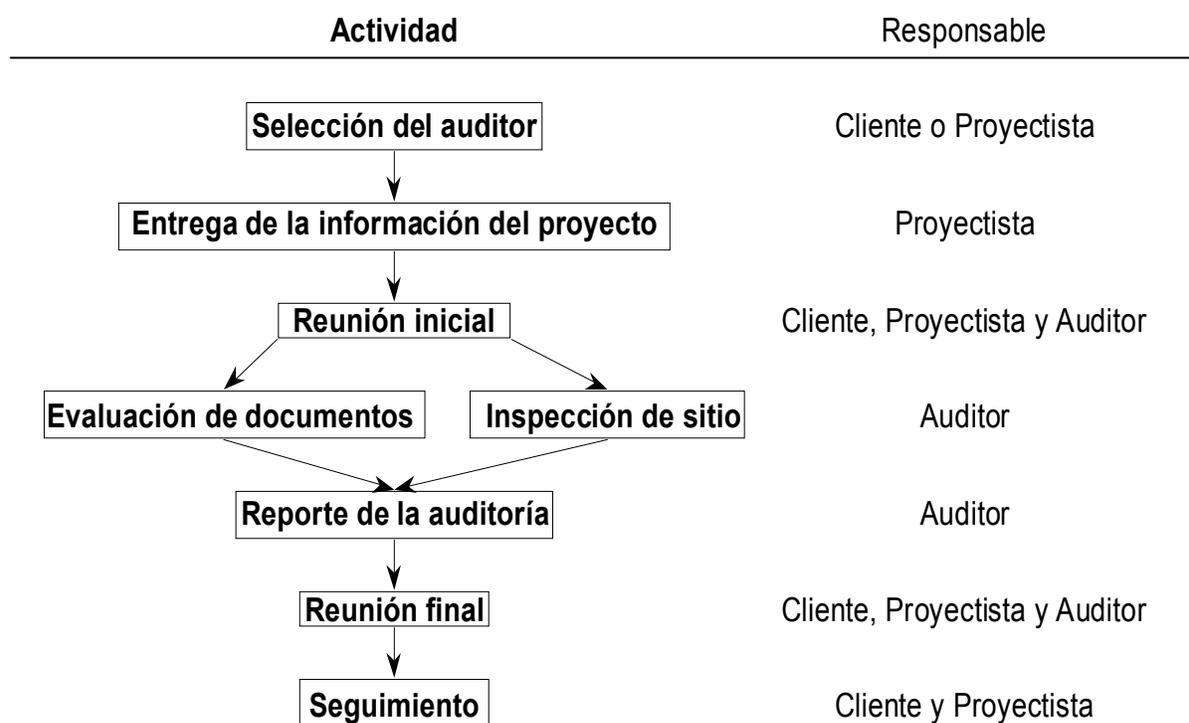


FIGURA 1 Proceso de una Auditoría en Seguridad Carretera

El proceso de auditoría presentado en la Figura 1 puede aplicarse a cualquier proyecto carretero independientemente de su tamaño y naturaleza, así como del número de etapas en que sea sometido a la Auditoría en Seguridad Carretera. Sin embargo, el nivel de detalle necesario para cada una de las actividades mencionadas debe ser congruente con las necesidades de cada proyecto. En proyectos pequeños una llamada telefónica puede ser suficiente para sustituir una reunión entre las partes; en cambio, los grandes proyectos pueden requerir varias reuniones adicionales.

1 Introducción

Uno de los grandes desafíos que enfrenta hoy en día la sociedad mexicana es sin duda, mejorar sustancialmente la seguridad vial en carreteras. Actualmente, los costos que se derivan de la frecuencia y severidad de los accidentes que ocurren en la red federal, representan un grave problema desde el punto de vista social y de salud pública; cada año, mueren en estas carreteras más de 5,000 personas, cerca de 30,000 resultan lesionadas, los daños materiales ascienden a más de 100 millones de dólares y se tiene un costo total estimado en alrededor de 700 millones de dólares (Instituto Mexicano del Transporte, 2001). Otro aspecto importante en relación con la situación que guarda la seguridad vial en las carreteras federales del país, son sus índices de accidentalidad. Aunque si bien es cierto, que los relacionados con el número de accidentes y lesionados por vehículo-kilómetro, son muy similares a los de algunos países desarrollados (Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, etc.), el de muertos resulta bastante preocupante; de 4 a 5 veces mayor para el caso de México (International Road Federation, 1999).

Una estrategia que se ha venido utilizando en los últimos años para tratar de reducir la accidentalidad y sus costos asociados, ha sido la aplicación de medidas correctivas, ya que éstas han demostrado un alto grado de eficiencia de acuerdo a su relación beneficio/costo lo que ha impulsado, dentro de cualquier política de seguridad vial, que los recursos que se asignan para la aplicación de este tipo de medidas se consideren prioritarios. Programas de este tipo han sido desarrollados a mayor o menor nivel en distintos países y los resultados de los mismos muestran generalmente, avances importantes en la reducción de la frecuencia y severidad de los accidentes. En este contexto, el gobierno federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, canaliza también una importante cantidad de recursos, ya sea para mejorar las características físicas y de operación de los caminos, realizar tareas de conservación y mantenimiento, o en la atención de sitios de la red considerados de alto riesgo. Sin embargo, es importante resaltar que los recursos que se destinan para el desarrollo de estas tareas, desde el punto de vista de la seguridad vial, generalmente representan una solución a un problema manifiesto, a través del cual se han originado un número significativo de accidentes, lesionados y muertos, olvidando el papel clave de la prevención.

En este sentido, los autores de este trabajo, piensan que la aplicación de este tipo de medidas, preferentemente debiera hacerse de manera contraria; es decir, que antes de que trataran de ser una solución a un

problema existente, pudieran mediante un análisis de riesgos, contribuir a prevenirlo o evitarlo. Lo anterior, podría conseguirse mediante la revisión de los principios de seguridad con que se planea, se diseña y se construye un camino, y de todos aquellos factores relacionados con la operación y mantenimiento que representen un riesgo potencial para la seguridad.

El trabajo que se plantea a continuación sería uno de los primeros esfuerzos dirigidos a este fin; en él se engloban los procedimientos y prácticas para aplicar y revisar dichos principios de seguridad y los factores relacionados con la operación y mantenimiento de un camino, en algo que se ha dado por llamar “Auditorías en Seguridad Carretera”, las cuales han probado ser una herramienta efectiva para mejorar la seguridad vial.

1.1 Objetivos

El objetivo general de este trabajo, es definir los procedimientos y prácticas vigentes de las Auditorías en Seguridad Carretera; específicamente, se pretende generar una guía práctica de procedimientos, que permita, en un futuro próximo, poder llevarlas a cabo en México.

1.2 Alcances

Los alcances de este trabajo están contenidos en los siguientes capítulos que lo constituyen:

- Capítulo 2 “*Antecedentes*”. En este capítulo se resumen los principales antecedentes de las Auditorías en Seguridad Carretera; en él se presenta primeramente, una breve historia del cómo y por qué aparecen; posteriormente se da una definición, se describen los objetivos que persiguen y finalmente se presentan los beneficios en seguridad vial que se pueden obtener mediante su aplicación.
- Capítulo 3 “*Aspectos Relevantes de una Auditoría*”. El capítulo describe a cada una de las partes que intervienen en una auditoría (el proyectista, el auditor y el cliente), y define el papel que juega cada una de ellas en su desarrollo.
- Capítulo 4 “*Principios Básicos para el Diseño de Carreteras Seguras*”. Este capítulo incluye algunas indicaciones sobre dichos principios básicos del diseño y construcción de una carretera, relacionados con la seguridad vial de los usuarios, que deben ser considerados y analizados durante el desarrollo de una auditoría.

- Capítulo 5 “*Procedimiento de las Auditorías*”. En este capítulo se presentan los pasos que deben seguirse para realizar una Auditoría en Seguridad Carretera, desde la selección del auditor hasta el seguimiento de las recomendaciones hechas por éste, independientemente de la etapa del proyecto en que sea aplicada.
- Capítulo 6 “*Conclusiones y Recomendaciones*”. En este capítulo se proporciona una serie de reglas para que cualquier autoridad responsable de la seguridad carretera lleve a cabo con éxito una auditoría en seguridad carretera.

2 Antecedentes

2.1 Historia

Los procesos de las Auditorías en Seguridad Carretera fueron desarrollados inicialmente en Gran Bretaña por el ingeniero Malcolm Bulpitt, del Departamento de Carreteras y Transporte del Condado de Kent (Bulpitt, M., 1996) y adoptados poco tiempo después por otras administraciones locales y regionales, antes de que en 1991, el Departamento de Transportes del Reino Unido los convirtiese en obligatorios para todas las carreteras y autopistas de ese país.

En la década de los 80's, este ingeniero aplicó en la Red Ferroviaria del Reino Unido algunos conceptos que aún siguen vigentes dentro de la Auditorías en Seguridad Carretera; en ese tiempo, el gobierno de ese país designó a algunos oficiales para inspeccionar todos los aspectos relacionados con la seguridad de una nueva línea de ferrocarril, antes de que ésta fuera puesta en uso. Bulpitt aplicó entonces un chequeo independiente, que había sido concebido dentro del Departamento de Carreteras y Transporte del Condado de Kent, para mejorar la seguridad de operación de los caminos existentes. Más tarde, fueron desarrollados por otras dependencias gubernamentales procedimientos específicos para llevar a cabo la Auditorías en Seguridad Carretera; el Departamento de Desarrollo Escocés lo hizo un año antes que su equivalente inglés y finalmente el Instituto de Carreteras y Transporte del Reino Unido publicó, en 1990, el trabajo titulado "*Guidelines for the Safety Audits of Higways*" (Institution of Highways and Transportation, 1990). Para 1991 se había establecido, por mandato, realizar auditorías en toda la red troncal de carreteras y en todos aquellos proyectos que estuvieran por encima de un costo determinado.

En Australia y Nueva Zelanda, la introducción de las Auditorías en Seguridad Carretera fue sumada como un elemento más dentro de los programas integrales de la seguridad vial en carreteras; en cada uno de estos países se empezó por crear primeramente un ambiente que reconociera la importancia de coordinar los esfuerzos de cooperación entre los sectores del gobierno, la industria, la población y grupos prodefensa de la seguridad vial para alcanzar objetivos propuestos; el establecimiento de una "cultura de seguridad", evidente en ambos países, fue consumado a través de un amplio enfoque que incluyó estrategias, fondos económicos y compromisos de los niveles más altos del gobierno.

En Australia, la primera auditoría fue realizada en 1990 en la carretera del pacífico de Nueva Gales del Sur, en ella se usó una lista de control preparada específicamente para esta carretera (Roads and Traffic Authority, 1991). Es interesante notar que este país, comenzó auditando un camino existente y no un proyecto; actualmente, las auditorías son parte fundamental de la estrategia de seguridad en carreteras y el proceso se centra en alcanzar vehículos seguros, caminos seguros y usuarios seguros.

A partir de esta primera auditoría realizada, la Oficina Federal de Seguridad en Carreteras, agencia responsable de la seguridad dentro del Departamento de Transporte y Desarrollo Regional, cuya misión es reducir el trauma de los accidentes, llegó a la conclusión de que para poder alcanzar los objetivos planteados, las auditorías debían ser llevadas a cabo en todo el territorio nacional; para ello, se publicó en 1994 el trabajo titulado “*Road Safety Audits*” (Austroroads, 1994), el cual es utilizado como guía de buena práctica para llevarlas a cabo. Finalmente cabe mencionar que en este país, las Auditorías en Seguridad Carretera se implementaron formalmente y por mandato desde hace varios años y se consideran como un elemento crítico en la calidad del proceso de administración de la seguridad y una excelente opción para mejorar la calidad del servicio de un camino existente.

En Nueva Zelanda, a partir de 1990 fue instituido un Plan Nacional de Seguridad en Carreteras; en este plan, se incluía como prioritario contar con una estrategia que les permitiera en un futuro cercano contar con caminos seguros. Con este fin, se inició en ese mismo año la definición y desarrollo de los procedimientos y prácticas para llevar a cabo las Auditorías en Seguridad Carretera; para ello, se designó una dirección que revisara e hiciera un informe de todos aquellos aspectos que pudieran poner en riesgo la seguridad de los usuarios de los caminos que estaban en construcción, antes de que éstos fueran abiertos al tránsito; así mismo, de 1992 a 1993 fueron llevadas a cabo auditorías piloto, en algunos proyectos de caminos estatales y finalmente, para 1993, fueron definidas las políticas, prácticas y procedimientos de las Auditorías en Seguridad Carretera.

2.2 Definición

Una Auditoría en Seguridad Carretera se entiende como un proceso formal de revisión de un proyecto, de una carretera nueva antes de que ésta sea abierta al tránsito, de los trabajos de conservación y mantenimiento, de la operación y funcionamiento, o de cualquier otro proyecto que afecte las condiciones de circulación de un camino. En el curso de una auditoría en

seguridad, un experto o equipo de expertos calificados e independientes analizan el nivel de seguridad, poniendo de manifiesto todos y cada uno de los riesgos potenciales; el objetivo principal es identificar y atender dichos riesgos desde las primeras etapas del proyecto, en el entendido de que las medidas correctivas que se apliquen resultan más caras una vez construido el camino.

Algunos autores definen a una Auditoría en Seguridad Carretera como:

“...Un examen formal de un camino futuro o existente, o de cualquier proyecto que interactúe con los usuarios de un camino, en el cual un revisor calificado e independiente hace un reporte de todas aquellas situaciones que representen un riesgo para la seguridad...”(Austroroads, 1994).

Según los investigadores Belcher y Proctor, la Auditoría en Seguridad Carretera contribuye a mejorar la seguridad de dos maneras distintas: la primera, identificando todos aquellos factores que incrementan el riesgo de sufrir un accidente; y la segunda, tomando en cuenta todas aquellas medidas que puedan atenuar los efectos posteriores a la ocurrencia de un accidente (Belcher y Proctor, 1994).

Con las definiciones anteriores, se puede concluir que los elementos esenciales a considerar en el proceso de ejecución de la Auditoría en Seguridad Carretera son:

- Un procedimiento formal y no un chequeo informal.
- Una verificación por expertos independientes.
- Se debe llevar a cabo con la experiencia e instrucción apropiada.
- Se debe restringir a asuntos en seguridad carretera.

Como se puede observar cada especialista en este tema puede dar una definición diferente del concepto de Auditoría en Seguridad Carretera. Por ello, sin entrar en más matices que poco pueden aportar, y seguros de que esta misma definición podrá plantearse en otros términos según vaya avanzando el desarrollo de estas auditorías y su aplicación en nuestro país, los autores de este trabajo proponen una definición que pudiera servir para acotar el tema:

"Una Auditoría en Seguridad Carretera es, en esencia, un proceso que pretende garantizar que los caminos, desde su primera fase de planeamiento, se diseñen con los criterios óptimos de seguridad para todos sus usuarios, verificando que se mantengan dichos criterios durante las fases de proyecto, construcción y puesta en servicio de la misma".

2.3 Objetivo de las Auditorías en Seguridad Carretera

El objetivo principal que persigue una Auditoría en Seguridad Carretera es asegurar, durante el proceso de proyecto y construcción de una obra, la incorporación desde sus primeras etapas, de experiencias y principios que permitan la prevención de accidentes. El cumplimiento estricto de las normas de diseño de un camino, no siempre evita los problemas de seguridad. Las auditorías deben contribuir para identificar todas aquellas situaciones desfavorables que se presentan por una determinada combinación de los elementos en el diseño, que el proyectista no haya detectado; así como también asegurar que todos los proyectos de carreteras permitan una explotación lo más segura posible cuando éstos hayan sido ejecutados y el camino abierto al tránsito. Lo anterior supone que la seguridad debe ser considerada desde la fase de planeación, elaboración del proyecto, construcción de la obra y funcionamiento de la misma.

A partir de este objetivo principal, se pueden también establecer algunos otros como,

- Identificar los riesgos potenciales en las zonas adyacentes al camino y en todas las obras del mismo.
- Resaltar la importancia de la seguridad vial en el proyecto de carreteras de cara al usuario.
- Reducir el costo total del proyecto a lo largo de su vida útil. Los diseños mal concebidos, resultan caro corregirlos una vez construidos.

Finalmente, debe comprenderse y aceptarse que en muchas ocasiones los objetivos de una Auditoría en Seguridad Carretera, pueden entrar en conflicto con otros objetivos del proyecto. Frecuentemente existirán conflictos relacionados con el costo; al no existir beneficios explícitos, puede resultar difícil decidir si los costos adicionales por las medidas correctivas

derivadas de las observaciones de una auditoría, están justificados. Sin embargo, como se ha venido diciendo, una auditoría colabora en la identificación de un problema o riesgo potencial, de forma que se puedan considerar explícitamente una gama de medidas, antes de adoptar una decisión.

2.4 Beneficios

Los beneficios de las Auditorías en Seguridad Carretera son difíciles de cuantificar en términos contables, debido a dos razones principales. La primera de ellas tiene que ver con la incertidumbre asociada a la estimación del número de accidentes que se pueden evitar mediante su aplicación; y la segunda, se relaciona con la falta de datos de control que permitan hacer comparaciones entre proyectos auditados y no auditados. Sin embargo, la evidencia sugiere, y así lo demuestra la experiencia de algunos otros países, que los beneficios pueden ser significativos dado que los procesos de las auditorías se consideran como una parte esencial del control de calidad de un camino, ya que están concebidos especialmente para proteger los usuarios y garantizar un elevado nivel de calidad; que en general, dentro del contexto de los proyectos de infraestructura, esto se considera como administración de carreteras.

Los siguientes, son algunos de los beneficios de las Auditorías en Seguridad Carretera que han sido identificados:

- Reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes.
- Reducir la severidad de los accidentes.
- Destacar la importancia de la seguridad vial dentro de los ingenieros encargados del diseño de carreteras y del control del tránsito.
- Reducir las inversiones en medidas correctivas.
- Reducir el costo total del proyecto dentro de la comunidad, si se incluyen accidentes y sus costos asociados.

3 Aspectos Relevantes de una Auditoría

3.1 Las Partes de una Auditoría y su Papel en la Organización

Los procesos de una Auditoría en Seguridad Carretera no atañen a una sola persona o entidad, sino que requieren de la interacción de diversas partes u organizaciones en donde el papel que juega cada una de ellas debe ser claramente definido. En los siguientes párrafos se mencionan cada una de esas partes que intervienen en una auditoría y se define el papel que juega cada una de ellas en su desarrollo.

3.1.1 El Projectista

Para iniciar los procesos de una auditoría, primeramente el projectista debe proporcionar toda la información básica del proyecto y los detalles generales del mismo. Es de vital importancia que el encargado del proyecto informe al auditor de todos aquellos elementos que no cumplen con los estándares correspondientes y explique las razones de ello o de cualquier elemento relevante que afecte la seguridad vial. Una vez que recibe el informe de la auditoría, el projectista debe evaluar las observaciones del auditor y asumir una postura clara ante éstas y dar una respuesta por escrito de las modificaciones de diseño llevadas a cabo.

Si el projectista considera que existen razones de fuerza mayor para no aceptar alguna recomendación en particular, después de haberlas discutido con el auditor, deberá remitir un informe de excepción al cliente o dueño de la obra, para que éste adopte una decisión.

3.1.2 El Auditor

La tarea fundamental de un auditor es identificar todos aquellos problemas que puedan representar un riesgo potencial para la seguridad, desde la perspectiva de cada uno de los usuarios del camino; para ello, debe realizar una revisión cuidadosa de los principios de seguridad utilizados en el diseño y construcción de la obra; durante su revisión debe señalar y describir claramente todas las circunstancias y deficiencias detectadas que puedan llevar a la ocurrencia de un accidente o a generar un mayor daño cuando este haya ocurrido. Es importante mencionar que no es responsabilidad del auditor rediseñar las deficiencias ni realizar cambios en el proyecto distintos de los relativos a la seguridad, simplemente debe enfocarse, como se menciona arriba, a señalar y describir las deficiencias del proyecto que

pongan en riesgo la seguridad de los usuarios. Puede hacer algunas recomendaciones generales, con el fin de orientar al proyectista, pero sin entrar en detalles.

Es importante señalar que el auditor no debe limitarse a revisar que un proyecto cumpla con los estándares de diseño, ya que éstos son sólo una herramienta que debe usar como punto de referencia; muchas veces tendrá que usar juicios de carácter personal de acuerdo con la experiencia propia y de algunos otros hechos conocidos. Finalmente, cabe hacer hincapié, que el auditor debe presentar de manera clara y por escrito todas las observaciones y recomendaciones realizadas, en un formato de reporte específicamente creado para ello; este proceso deberá repetirse hasta que las recomendaciones sean totalmente comprendidas y asumidas.

Para la conclusión formal de la auditoría, el auditor certificará que la fase final de la auditoría ha sido completada de la forma descrita.

3.1.3 El Cliente

El cliente es la organización o dependencia que asigna la realización del proyecto y es propietaria de la obra. Su principal función, consiste en definir los términos de referencia en que han de llevarse a cabo los procesos de la auditoría. En algunas ocasiones, deberá tomar un papel de árbitro, específicamente en aquellas situaciones en donde se presente una controversia entre el proyectista y el auditor; en este caso, el cliente puede auxiliarse contratando a un tercero, que puede ser una firma o consultor para que actúe como su representante. Lo anterior puede resultar especialmente necesario cuando las controversias surjan en aspectos del proyecto que requieran del conocimiento de personas altamente especializadas en cierto campo.

3.2 Características de un Auditor

El auditor es la pieza clave y más importante durante la realización de una Auditoría en Seguridad Carretera; por ello, es fundamental que posea sólidos conocimientos y experiencia suficiente en áreas de la ingeniería de seguridad vial, investigación de accidentes, manejo del tránsito y diseño geométrico de carreteras y que cuente con ciertas características y habilidades imprescindibles para desarrollar adecuadamente su actividad; otras áreas importantes en las que también debe tener conocimiento son los trabajos de mantenimiento carretero, el comportamiento y características de los diferentes grupos de usuarios de un camino y los principios de aplicación de la reglamentación. Sin embargo, dada la diversidad de tópicos que se

incluyen dentro del dominio de una auditoría, la situación ideal sería contar con un equipo en el que se incluyera un experto en cada uno de ellos, más que un individuo, ya que difícilmente se encontrará una persona que posea un amplio dominio de todos los tópicos; lo anterior, traería además beneficios adicionales como los siguientes:

- Contar con diferentes enfoques sobre las deficiencias del proyecto.
- Las ideas que aportan cada uno de los miembros de un equipo son muy útiles cuando se somete a discusión alguna situación o deficiencia detectada.
- Un mayor número de personas puede detectar más fácilmente las deficiencias del proyecto.

Algunos de los profesionistas que pueden cubrir adecuadamente el perfil requerido para formar un equipo de auditores, son aquellos que tienen antecedentes académicos y de trabajo en las áreas de ingeniería de tránsito, ingeniería del transporte, diseño y construcción de carreteras, investigación de accidentes, comportamiento y análisis de la conducta, entre otros; finalmente, una característica importante que deben poseer los candidatos a formar un equipo de auditores, es la objetividad para evaluar el proyecto, ya que esto les permitirá, en el transcurso de la auditoría, identificar adecuadamente las deficiencias y emitir recomendaciones idóneas según sea el caso.

3.3 Métodos para llevar a cabo una Auditoría

No obstante los conocimientos y perfil que deben poseer los miembros de equipo auditor, existen tres métodos por los cuales se puede llevar a cabo una Auditoría en Seguridad Carretera. A continuación se mencionan cada uno de ellos.

- Ejecutada por un auditor o equipo de auditores, especialistas e independientes del equipo encargado del diseño.
- Realizada por el personal del mismo departamento encargado del diseño, pero personas diferentes a los encargados del proyecto original.
- Llevada a cabo por el mismo equipo encargado del proyecto.

Dentro de los métodos arriba mencionados, el primero es el más recomendado, dado que, por una parte, la auditoría es realizada por una entidad que no tiene que ver con las funciones del diseño de tal manera que

el proyecto es revisado y evaluado desde una perspectiva diferente al que fue concebido y por otra, es el único que garantiza la independencia que debe existir entre el proyectista y el auditor, tal y como se recomienda desde la definición misma de una auditoría. En el segundo, la principal desventaja consiste en restringir el análisis a especialistas que suelen no tener la suficiente experiencia para evaluar el proyecto desde el punto de vista de la seguridad, además que no se garantiza la independencia ente ambas partes. Finalmente, el último de los métodos, presenta el inconveniente de que el proyectista durante el proceso de la auditoría tiene una cierta predisposición a pasar por alto muchos de los detalles, dado que asume que todo está bien diseñado, aunado a eso, el proyecto es analizado desde la misma perspectiva en que fue diseñado; es evidente que todo aquel que se ha involucrado con el desarrollo de un proyecto determinado, puede estar tan familiarizado con él, que difícilmente podrá evaluarlo efectivamente desde el punto de vista de la seguridad vial y sin prejuicios.

El éxito de una Auditoría en Seguridad Carretera, depende de la verdad y compromiso de todas las partes; como se ha venido diciendo, en una auditoría se identifican y señalan las deficiencias existentes desde el punto de vista de la seguridad de los usuarios, y esto puede ser visto como una amenaza para los encargados del diseño o la ejecución de un proyecto; es crucial que el proceso de una auditoría, no sea utilizado como una crítica del proyecto o como una medida para evaluar la habilidad del equipo de diseño. Un encargado del diseño puede tener razones legítimas para tomar una decisión, en la cual se consideren otros factores que no necesariamente tiene que ser la seguridad vial; en una auditoría, cuando se detecta una deficiencia desde el punto de vista de en la seguridad, todos esos otros factores que hayan influido en la decisión original deben ser perfectamente evaluados.

3.4 Fases de una Auditoría

Uno de los aspectos más relevantes dentro del proceso de aplicación de una Auditoría en Seguridad Carretera, es determinar el momento en que ésta puede llevarse a cabo. Aunque una auditoría es un proceso continuo dentro del ciclo de vida de un proyecto carretero, su aplicación puede verse restringida en función de la limitación de recursos con que se cuenten (humanos y materiales) y de las características propias de cada proyecto, por lo tanto, dependiendo de estos factores y de las políticas adoptadas, una auditoría se puede llevar a cabo en una, varias o todas de las etapas de un proyecto (Factibilidad, Ante Proyecto y Proyecto Definitivo), antes de abrir el camino al tránsito y caminos en operación.

A continuación se presenta, de manera general, una descripción de las actividades comprendidas en cada una de ellas, en el entendido de que posteriormente se hará un análisis más detallado.

3.4.1 Fase 1: Factibilidad

Una Auditoría en Seguridad Carretera, prevé la consideración de la seguridad vial desde la fase de factibilidad de un proyecto y tiene, entonces, una influencia importante sobre la selección de la ruta, las especificaciones de diseño geométrico, el impacto y la continuidad de la red carretera adyacente, el mejoramiento de intersecciones y carriles laterales de convergencia o divergencia en zonas suburbanas; sin embargo, se aclara que no debe incluir una nueva valoración de los criterios de diseño ni una reconsideración de los aspectos estratégicos. La auditoría sólo se centra en el análisis, desde el punto de vista de seguridad vial, de los conceptos de diseño adoptados.

3.4.2 Fase 2: Anteproyecto

En esta fase, la auditoría tiene lugar una vez que el anteproyecto está totalmente terminado. Los puntos a considerar son el alineamiento horizontal y vertical, el trazo y características de las intersecciones, las condiciones de visibilidad, el ancho y número de carriles y los requerimientos para peatones y ciclistas. Es importante mencionar que después de esta fase resulta muy complicado realizar modificaciones mayores al trazo de la carretera; por tal motivo, es necesario que la auditoría sea realizada antes de que se lleve a cabo la adquisición de los terrenos para el derecho de vía.

3.4.3 Fase 3: Proyecto Definitivo

Como en la fase anterior, en esta fase la auditoría se presenta cuando el proyecto definitivo ha sido terminado, pero antes de que se realice la licitación y/o los documentos contractuales para ejecutar la obra. Los puntos a considerar son el diseño geométrico (combinación del alineamiento horizontal y vertical, así como la sección transversal), el señalamiento (horizontal y vertical), la iluminación, detalle de las intersecciones, seguridad en las márgenes y la consideración de la vulnerabilidad de los diversos usuarios del camino. Aquí se pretende reducir costos y perturbaciones asociadas con las modificaciones de último minuto, que tuvieran que ser efectuadas en la siguiente fase, ya que siempre resultará más fácil y menos costoso modificar un trazo sobre un plano que reconstruir, modificar o rectificar determinado elemento, cuando el camino está siendo o ha sido construido.

Un punto de vital importancia en esta etapa, consiste en revisar detalladamente la interacción entre los diferentes elementos del diseño geométrico que conforman el proyecto, ya que en algunos casos se pueden presentar ciertos conflictos en la operación del tránsito, aún cuando individualmente pueden ser considerados seguros.

3.4.4 Fase 4: Pre-apertura

Una auditoría en esta fase se enfoca principalmente en la revisión en campo de todas las características relevantes del proyecto, una vez que ha sido ejecutada la obra, pero antes de que el camino sea abierto al tránsito; en esta revisión se debe considerar la seguridad desde el punto de vista de todos los posibles grupos de usuarios. Su objetivo consiste en asegurar que fueron atendidas las recomendaciones hechas en las etapas anteriores e identificar condiciones peligrosas que no resultaron aparentes en el papel o se generaron por el proceso de construcción de la obra.

En esta fase, la auditoría entra en funciones cuando el auditor (o equipo de auditores) recorre el nuevo camino en los diferentes tipos de vehículos que por él van a circular (y a pie cuando así se requiera); lo anterior tiene la finalidad de verificarlo en sus tres dimensiones y comprobar, como se expresa anteriormente, que la seguridad de los diferentes usuarios ha sido considerada. Cabe señalar que la inspección nocturna y bajo condiciones climáticas adversas es particularmente importante para revisar la señalización, el trazo, la visibilidad y cualquier otro aspecto que tenga influencia sobre la operación del tránsito.

3.4.5 Fase 5: Carretera en Operación

Una auditoría a una carretera en operación tiene dos grandes vertientes. La primera de ellas se refiere al monitoreo de un camino recién abierto al tránsito, el cual haya sido auditado en algunas de las etapas anteriores; en este tipo de caminos, las actividades de una auditoría consisten principalmente en analizar y verificar los aspectos de seguridad bajo condiciones reales de operación. La segunda se relaciona con caminos existentes, con una determinada vida en servicio y que no fueron auditados en ninguna etapa del proyecto; aquí, el propósito fundamental de la auditoría consiste en identificar todas aquellas situaciones que representen un riesgo para la seguridad de los usuarios, conseguir la homogeneidad del camino y debe tomar en cuenta la información sobre accidentes que en él ocurren, ya que esto le permitirá detectar puntos de alto riesgo y conocer la problemática existente en cada uno de ellos, para así poder emitir observaciones y recomendaciones necesarias para llevar a cabo parte de las posibles mejoras de seguridad en los mismos.

3.5 Categorías de Actuación y Selección de Proyectos

Una Auditoría en Seguridad Carretera, puede arrojar grandes beneficios, tanto en proyectos pequeños como en proyectos de mayor escala; los procedimientos desarrollados para su aplicación se pueden llevar a cabo en el simple diseño de un cruce peatonal o en la construcción de una nueva autopista. Sin embargo, es necesario, con el fin de que los procedimientos sean utilizados satisfactoriamente y con consistencia, establecer categorías de actuación dependiendo de la naturaleza y envergadura del proyecto, tales como:

- Proyectos mayores: construcción de nuevas carreteras, etc.
- Proyectos medios: construcción intersecciones, modificaciones o reconstrucciones importantes de carreteras existentes.
- Proyectos menores: refugios, instalación de señales, modificación de bordillos, tratamientos correctivos en sitios de alto riesgo, etc.
- Operaciones de mantenimiento y conservación.

Con base en estas categorías de actuación, y dependiendo de las políticas adoptadas, se deberán seleccionar los proyectos y definir las fases que deberán auditarse.

En general, puede decirse que entre más importante sea el proyecto, en más fases deberá llevarse a cabo la auditoría. La Tabla 3.1 muestra algunas recomendaciones de acuerdo al tipo de proyecto, sin embargo, una estrategia alternativa consistiría en auditar en todas sus fases a todo aquel proyecto que se encontrara por arriba de un costo específico y seleccionar aleatoriamente a un porcentaje determinado de aquellos que se encontraran por abajo de ese costo y auditarlos en dos o más fases, tal y como se hace en algunos países.

Por ejemplo, en el Estado de Victoria, en Australia, todos los proyectos con un costo superior a los 5 millones de dólares australianos, deben ser auditados en todas sus etapas; mientras que un 20% de todos los proyectos restantes son auditados de manera aleatoria en una o más etapas. Por su parte, las autoridades de Nueva Gales del Sur han establecido que todos los proyectos nuevos, independientemente del costo, deben ser sometidos a una Auditoría en Seguridad Carretera; además, han establecido un programa para auditar cada año un 20% de las carreteras existentes, con lo que se pretende tener auditada toda la red carretera existente en un período de cinco años (Austroroads, 1994).

TABLA 3.1 Recomendaciones según el Tipo de Proyecto

TIPO DE PROYECTO	F A S E S						
	1	2	1/2	3	2/3	4	5
Carreteras principales	■	■		■		■	■
Carreteras secundarias		■		■			■
Proyectos para el control del tránsito			■	■			■
Tratamiento de sitios de alto riesgo					■		■
Mantenimiento mayor			■	■			■
Desarrollos importantes	■	■		■			■
Desarrollos menores			■	■			■
Carreteras troncales y autopistas		■		■			■
Manejo temporal del tránsito en proyectos importantes					■	■	

En Nueva Zelanda, aquellos proyectos cuyo costo es superior a los NZ\$ 5 millones, se auditan en todas sus fases; otros proyectos cuyo costo varía entre NZ\$ 5 millones y NZ\$ 100 000, sólo se auditan las fases 3 y 4 y en esquemas con costos menores a NZ\$ 100 000, la auditoría se requiere sólo si los trabajos involucran mejoras en intersecciones, señalamiento, glorietas o manejo de tránsito en carreteras principales (Austroroads, 1994).

3.6 Guías de Evaluación

El uso de una guía de evaluación puede ser de gran utilidad para llevar a cabo las Auditorías en Seguridad Carretera. Su valor recae principalmente en proporcionar un indicador de los elementos del camino que deben ser revisados; enfocándolos sólo en aspectos relevantes relativos a la seguridad vial. Pueden también, ser una guía para los proyectistas e ingenieros de caminos, ya que les proporciona también una comprensión rápida de los que serán evaluados y permiten que aquellos proyectistas que tienen una menor experiencia aborden su trabajo con mayor confianza.

La experiencia internacional indica que enfatizar sobre los detalles técnicos, alienta al uso de la guía de evaluación como una hoja de revisión, en lugar de permitir que el auditor emplee su experiencia y buen juicio. Para disuadir tal práctica, una “Guía de Evaluación” debe proporcionar sólo una pauta de los principios básicos del diseño y evaluación de una carretera que deben ser examinados, sin detalles técnicos; el auditor deberá paulatinamente llegar a reconocerlos de manera familiar, a través de la experiencia que vaya adquiriendo o consultarlos en las referencias apropiadas.

La Tabla 3.2, muestra un bosquejo general de una “Guía de Evaluación Maestra”; en ella se señalan los elementos separados por tópicos, que se deben incluir en las guías de cada una de las fases. La fase correspondiente a carreteras en operación no se incluye en esta lista, ya que esta fase presenta diferencias importantes que obligan a tratarla separadamente en esta misma sección. Así mismo, se señala que más adelante en este trabajo, se abordan con mayor detalle los principios básicos para el diseño de carreteras seguras.

TABLA 3.2 Guía de Evaluación Maestra

ETAPAS DEL PROYECTO			
FACTIBILIDAD	ANTEPROYECTO	PROYECTO DEFINITIVO	PREAPERTURA
<p><u>Tópicos Generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Alcance el proyecto, función del camino, mezcla del tránsito.</i> • <i>Grado y Tipo de accesibilidad a las propiedades aledañas al camino.</i> • <i>Grado y tipo de desarrollo de las propiedades adyacentes.</i> • <i>Influencia del camino en la zona.</i> • <i>Futuras ampliaciones o rectificaciones.</i> • <i>Efectos secundarios en la red de caminos que lo rodean.</i> • <i>Facilidades para peatones y ciclistas.</i> 	<p><u>Tópicos Generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios propuestos en la etapa anterior.</i> • <i>Drenaje superficial.</i> • <i>Condiciones climáticas.</i> • <i>Paisaje.</i> • <i>Servicios.</i> • <i>Acceso a las propiedades adyacentes.</i> • <i>Accesibilidad y facilidades para los vehículos de emergencia.</i> • <i>Futuras ampliaciones y rectificaciones.</i> • <i>Grado y tipo de desarrollo en las propiedades adyacentes.</i> • <i>Estabilidad de cortes y terraplenes</i> 	<p><u>Tópicos Generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios propuestos en la etapa anterior.</i> • <i>Drenaje superficial.</i> • <i>Condiciones climáticas.</i> • <i>Paisaje.</i> • <i>Servicios.</i> • <i>Acceso a las propiedades adyacentes.</i> • <i>Accesibilidad y facilidades para los vehículos de emergencia.</i> • <i>Futuras ampliaciones y rectificaciones.</i> • <i>Grado y tipo de desarrollo en las propiedades adyacentes.</i> • <i>Estabilidad de cortes y terraplenes.</i> 	<p><u>Tópicos Generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios propuestos en la etapa anterior y en la transición del diseño.</i> • <i>Drenaje.</i> • <i>Condiciones climáticas.</i> • <i>Paisaje.</i> • <i>Servicios.</i> • <i>Acceso a las propiedades.</i> • <i>Accesibilidad a los vehículos de emergencia.</i> • <i>Grado y tipo de desarrollo de las propiedades adyacentes.</i> • <i>Seguridad en las márgenes.</i> • <i>Acotamientos y delineadores del camino.</i> • <i>Señalamiento y marcas en el pavimento.</i> • <i>Superficie de rodamiento, resistencia al derrapamiento.</i>

(CONTINUACION)

TABLA 3.2 Guía de Evaluación Maestra

ETAPAS DEL PROYECTO			
FACTIBILIDAD	ANTEPROYECTO	PROYECTO DEFINITIVO	PREAPERTURA
<u>Diseño:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Selección de la ruta. • Impacto del camino sobre la continuidad de la ruta. • Estándares de diseño. • Velocidad de diseño. • Volumen y características del tránsito. 	<u>Diseño:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Alineamiento vertical y horizontal. • Sección transversal • Efectos de las variaciones en la sección transversal. • Trazo del camino. • Tratamiento de los acotamientos y hombros del camino. • Efectos causados por no apegarse a los estándares y guías de diseño. 	<u>Diseño:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Alineamiento vertical y horizontal. • Sección transversal • Efectos de las variaciones en la sección transversal. • Trazo del camino. • Tratamiento de los acotamientos y hombros del camino. • Distancias de visibilidad. • Señalamiento y marcas en el pavimento. 	
<u>Intersecciones:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Número y tipo de intersecciones. 	<u>Alineamiento Local:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Visibilidad. • Trazo, incluyendo lo apropiado del tipo. • Facilidad para que el conductor comprenda la operación. 	<u>Alineamiento Local:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Distancias de visibilidad. • Interfaces del camino, nuevas y existentes. • Facilidad para que el conductor comprenda la operación. • Diseño Geométrico detallado. • Tratamiento a puentes y alcantarillas. 	<u>Alineamiento Local:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Distancias de visibilidad. • Interfaces del camino, nuevas y existentes. • Facilidad para que el conductor comprenda la operación. • Diseño Geométrico detallado. • Tratamiento a puentes y alcantarillas.

(CONTINUACION)

TABLA 3.2 Guía de Evaluación Maestra

ETAPAS DEL PROYECTO			
FACTIBILIDAD	ANTEPROYECTO	PROYECTO DEFINITIVO	PREAPERTURA
<p><u>Restricciones Ambientales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspectos de seguridad, incluyendo el clima y los rasgos naturales. 	<p><u>Intersecciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Visibilidad, especial cuidado en la distancia de visibilidad de cruce. • Trazo, incluyendo lo apropiado del tipo. • Facilidad para que el conductor comprenda la operación. 	<p><u>Intersecciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Visibilidad, especial cuidado en la distancia de visibilidad de cruce. • Control de las velocidades de entrada y salida. • Facilidad para que el conductor comprenda las maniobras de operación y domine toda la escena de la intersección. • Radios de curvatura congruentes con las velocidades de entrada y salida. • Señalamiento. • Prevención para vueltas cómodas y seguras. • Conspicuidad en las entradas y salidas. 	<p><u>Intersecciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Visibilidad. • Facilidad para que el conductor comprenda las maniobras de operación y domine toda la escena de la intersección. • Señalamiento.
	<p><u>Necesidades de otros Usuarios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Derecho de vía. • Peatones. • Ciclistas. 	<p><u>Necesidades de otros Usuarios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Derecho de vía. • Peatones. • Ciclistas. 	<p><u>Necesidades de otros Usuarios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Derecho de vía. • Peatones. • Ciclistas.

(CONTINUACION)

TABLA 3.2 Guía de Evaluación Maestra

ETAPAS DEL PROYECTO			
FACTIBILIDAD	ANTEPROYECTO	PROYECTO DEFINITIVO	PREAPERTURA
	<u>Señalamiento e Iluminación:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Señalamiento vertical, líneas, y marcas en el pavimento. • Iluminación en puntos donde se requiera. 	<u>Señalamiento e Iluminación:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Señalamiento vertical, líneas, y marcas en el pavimento. • Iluminación en puntos donde se requiera. 	<u>Señalamiento e Iluminación:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Señalamiento vertical, líneas, y marcas en el pavimento. • Iluminación en puntos donde se requiera.
		<u>Objetos Fijos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Barreras centrales y laterales, árboles, postes, elementos de soporte del señalamiento, atenuadores de impacto, puentes, etc. 	<u>Objetos Fijos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Barreras centrales y laterales, árboles, postes, elementos de soporte del señalamiento, atenuadores de impacto, puentes, etc.

3.6.1 Seguimiento de las Auditorías para Carreteras en Operación

Dentro de los procesos de una Auditoría en Seguridad Carretera, una parte fundamental después de que un camino ha sido abierto al tránsito, consiste en evaluar su funcionamiento, es decir, auditar la carretera en operación; en esencia, esta fase del proceso se lleva a cabo de manera muy similar a una auditoría para un camino antes de su apertura al tránsito (pre-apertura), de hecho se puede utilizar la misma lista de control. En esta fase, es necesario también realizar un recorrido a lo largo de todo el camino desde la perspectiva de cada uno de los usuarios (peatones y diferentes tipos de conductor), el cual debe ser realizado en diferentes ocasiones, tales como las que a continuación se mencionan y con el propósito principal que ahí se indica.

- Después de un corto tiempo de que el camino haya sido abierto al tránsito, con la finalidad de evaluar el funcionamiento y tratar de percibir los problemas y/o situaciones de alto riesgo derivados de la operación del camino. En este caso se recomienda que se lleve a cabo una retroalimentación de cada uno de los diferentes usuarios del camino.
- Inmediatamente después de ocurrir un accidente reportado; en este caso, el auditor debe concentrarse principalmente en el sitio del suceso, con la intención de identificar o relacionar todos aquellos elementos del camino y su entorno que hayan contribuido a la ocurrencia del accidente o impedido o aumentado la severidad del mismo.
- Unos días antes de iniciar un periodo de mantenimiento rutinario, con el fin de integrar en dichos trabajos, algunas sugerencias que pudieran surgir de este recorrido.
- Durante los trabajos de reconstrucción y mantenimiento, con el propósito de verificar el uso adecuado de señalamiento y dispositivo para el control del tránsito en la zona de obra y hacer recomendaciones futuras.
- Periódicamente, para evaluar las repercusiones en seguridad derivadas del crecimiento del tránsito, del desarrollo de las zonas de influencia del camino, de las modificaciones en las propiedades adyacentes.

Adicionalmente, una auditoría a un camino existente debe también obtener una medida cuantitativa de su funcionamiento, esto se hace a través de un estudio detallado de la seguridad vial que prevalece en el tramo, apoyado en los reportes de accidentes; de este modo, se pretende evitar que durante los recorridos, puedan pasar desapercibidos algunos sitios o situaciones de alto riesgo, o que a otros se les dedique demasiado tiempo para su análisis y comprensión. El estudio consiste en analizar información de accidentes correspondiente a un periodo mínimo de 5 años anteriores, en el que se contemplan los siguientes aspectos:

- Frecuencia y densidad por kilómetro de vía de los accidentes con víctimas y accidentes mortales en cada tramo e intersección, por año.
- Indices de accidentalidad y peligrosidad en cada tramo e intersección.
- Índice de gravedad (g) de los accidentes, para cada tramo e intersección:

$$g = m / a$$

Donde:

m = número de víctimas mortales en los 5 años;

a = número total de accidentes en los 5 años.

- Análisis de accidentes por tipo y características:
 - *Por tipo de vehículo*
 - *Atropellos de peatones*
 - *Salidas del camino*
 - *Choques*
 - *Accidentes con pavimento mojado, de día, de noche, etc.*
 - *Cruces de la franja separadora central, etc.*

Finalmente, es importante recalcar que un camino en funcionamiento, en el cual lleven a cabo medidas correctivas y/o cambios significativos en el proyecto geométrico, requiere de un periodo de ajuste, antes de evaluar de nuevo su funcionamiento y la efectividad de las medidas desarrolladas.

3.7 Aspectos Legales

Una de los temas que debe abordarse antes de poner en marcha las Auditorías en Seguridad Carretera, consiste en definir y delimitar la responsabilidad legal de cada una de las partes (encargados del diseño, auditores y dueño de la obra). En principio, la adopción de un proceso para llevar a cabo una auditoría, no tiene por qué suponer una mayor asunción de responsabilidad por ninguna de las partes, sino que al contrario, por su propia naturaleza deben resultar favorables frente a la justicia en los casos en que se plantee un conflicto tras la ocurrencia de un accidente; sin embargo, es conveniente que exista una legislación en la materia que establezca claramente las responsabilidades de cada una de las partes que interviene en el proceso y de esta manera se garantice el adecuado desarrollo de una Auditoría en Seguridad Carretera.

4 Principios Básicos para el Diseño de Carreteras Seguras

Como se menciona en los capítulos anteriores, las auditorías en seguridad carretera exigen durante su desarrollo, revisar y analizar los principios básicos con que ha sido diseñado y construido un camino. En el diseño de una carretera, las limitaciones y características propias de cada uno de los usuarios deben considerarse variables determinantes; en particular se deben analizar las condiciones de circulación de cada uno de los tipos de vehículos, principalmente pesados, así como también bicicletas y motocicletas. En las zonas urbanas o semiurbanas, se deben tomar en cuenta las condiciones de la circulación de los peatones y las medidas para favorecer su seguridad; entre ellas, pueden estar la disposición de aceras y refugios, la construcción de pasos a distinto nivel y las medidas de control de la velocidad.

El entorno de una carretera segura debe considerar los siguientes aspectos:

- Informar al conductor de las condiciones que va a encontrar más adelante.
- Prevenir al conductor de la existencia de características no habituales.
- Guiar de forma segura al conductor en los tramos que presenten características distintas de las habituales.
- Proporcionar un margen de maniobra para los conductores que pierden el control o que realizan maniobras indebidas.

En este capítulo se incluyen algunas indicaciones sobre dichos principios básicos del diseño y construcción de una carretera, relacionados con la seguridad vial de los usuarios, que deben ser considerados y analizados durante el desarrollo de una auditoría. En cualquier caso, los autores de este trabajo aconsejan consultar la bibliografía citada al final del documento, en la que se pueden encontrar documentos que tratan con profundidad los distintos aspectos del problema.

4.1 Velocidad de Proyecto

La velocidad es el elemento clave en la definición de las características geométricas de un camino, dada su importancia decisiva en la seguridad de la circulación. Dentro de las variables básicas del proyecto geométrico, el concepto de velocidad de proyecto es uno de los que ha sido objeto de una mayor revisión en los últimos años. Este concepto nace en Estados Unidos

en los años 30 como consecuencia de la necesidad de adoptar medidas ante el constante aumento de los índices de accidentalidad que se daba principalmente en tramos sinuosos; en estos tramos, se concentraba una gran cantidad de accidentes, generalmente de consecuencias fatales, dado que muchas de las curvas resultaban inseguras para la velocidad a la que podían circular los vehículos en los tramos rectos que las precedían. En consecuencia, se estableció el concepto de velocidad de proyecto, tomando en cuenta dos principios básicos:

- Todas las curvas de un tramo deberían ser proyectadas para la misma velocidad.
- La velocidad de proyecto debía ser un reflejo de la velocidad deseada por la mayoría de los conductores.

El concepto de velocidad de proyecto se creó, por tanto, con el objetivo de asegurar la homogeneidad o consistencia de un camino. En principio, se pensaba que un trazo con características homogéneas permitiría a los conductores circular a lo largo de él a la velocidad que ellos desearan, de forma segura, y que, en cambio, un trazo con problemas de consistencia obligaba a reducir la velocidad, para poder circular con seguridad en determinados elementos del tramo. Este concepto se definió entonces como la máxima velocidad a la que se podía circular con comodidad y seguridad a lo largo de un determinado tramo de carretera, cuando las condiciones externas son tales, que la velocidad depende de las características del trazo.

En gran medida, el problema de seguridad que se presenta hoy en día es similar al que se planteaba en los años 30. La velocidad de proyecto se fija en función de la categoría funcional de la carretera y de las características del terreno y del entorno, pero no toma en cuenta expresamente las velocidades reales que los vehículos actuales pueden llegar a desarrollar. En una gran cantidad de las carreteras antiguas que están en servicio actualmente, el trazo presenta curvas en las que la velocidad para la que fueron diseñadas, resulta muy inferior a la velocidad deseada por la mayoría de los conductores.

Como consecuencia de la inconsistencia entre la velocidad de proyecto con que son diseñadas algunas curvas y la velocidad que pueden llegar a desarrollar los conductores en las rectas previas a ellas, los índices de accidentes son entre 1,5 y 4 veces mayores en curvas que en tramos rectos (Messer, C. *et al*, 1981). La velocidad de proyecto sólo garantiza seguridad a los conductores que circulan a una velocidad inferior a la de proyecto; sin

embargo, desgraciadamente los criterios contemplados en la normativa para la seleccionarla, siguen siendo tales que generalmente resulta inferior a la velocidad deseada por la mayoría de los conductores (Krammes, R. *et al*, 1994).

Para evitar problemas como los descritos anteriormente, Lamm propone los siguientes criterios, los cuales permiten mejorar la consistencia en el trazo de un camino (Lamm, R. *et al*, 1988).

- Evitar las diferencias superiores a 20 km/h entre las velocidades reales de circulación existentes o estimadas de dos elementos geométricos del trazo contiguos. La limitación de la variación a 10 km/h se considera óptima.
- Armonizar la velocidad de proyecto y de circulación real en cada tramo, considerando inadecuado el trazo de un proyecto o de una carretera en servicio, si las velocidades reales de circulación superan en más de 20 km/h la de proyecto del tramo.
- Limitar la diferencia a 0.02 entre la aceleración transversal generada a la velocidad real de circulación y la supuesta en el proyecto.

Las normas de proyecto geométrico vigente en Estados Unidos y Canadá se siguen basando en el concepto tradicional de velocidad de proyecto (Krammes, R. *et al*, 1994); por el contrario, algunos países de la unión europea han modificado su definición para incluir una consideración explícita del comportamiento real del conductor en términos del percentil 85 de la distribución de velocidades reales. En Alemania, Suiza y Francia se incluyen también procedimientos para estimar el perfil de las velocidades que se presentan a lo largo de todo un tramo y las normas francesas contemplan además, la aceleración lateral (SETRA, 1992).

4.2 Características Geométricas

La velocidad de proyecto condiciona en gran medida las características del proyecto geométrico, al determinar los radios de curvatura mínimos, que son también función del peralte máximo admitido y del valor máximo aceptable de la fricción lateral; por otra parte, la velocidad de proyecto condiciona también las distancias de visibilidad requeridas en cada caso. El valor máximo del peralte se establece en las normas, teniendo en cuenta el efecto en la circulación a velocidades reducidas, mientras que los valores del coeficiente fricción lateral se determinan empíricamente a través de mediciones y por consideraciones sobre la comodidad del conductor.

A continuación, se enumeran los conceptos relacionados con el proyecto geométrico que deben ser revisados en una auditoría; las normas de proyecto geométrico de carreteras contienen los estándares de seguridad con los cuales deben ser comparados:

- Valores admisibles de las longitudes máximas y mínimas de los tramos rectos.
- Relación entre los radios de curvas circulares contiguas.
- Longitudes mínimas y máximas y el desarrollo mínimo de las curvas de transición.
- Angulos mínimos de giro y la velocidad de variación de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte.

La pendiente de la rasante afecta de forma especial a la velocidad de los vehículos pesados. Los estudios sobre accidentes muestran que los índices de accidentalidad aumentan gradualmente en tramos con pendientes hasta del 6 ó 7%, y se disparan en tramos con valores superiores. Los tramos con una inclinación superior al 4% pueden crear problemas de frenado, particularmente en los vehículos pesados que descienden; por otra parte, las pendientes de gran longitud generan una pérdida de velocidad en el ascenso, que afecta también a la fluidez de la circulación y al nivel de servicio.

En consecuencia, la normativa introduce limitaciones a la inclinación máxima de la rasante y a la longitud de las pendientes. Los valores admitidos dependen del tipo de carretera, de la velocidad de proyecto y del tipo de terreno. Por otra parte, se prevé también la disposición de carriles adicionales (tercer carril de ascenso) en los tramos que el nivel de servicio descienda por debajo de un determinado nivel, por efectos de la disminución de velocidad inducida en los vehículos pesados.

La inclinación mínima de la rasante se establece para asegurar un drenaje superficial efectivo en todos los puntos y evitar el acuaplaneo. Normalmente el bombeo o el peralte transversal permite que el agua escurra hacia los hombros del camino, independientemente de la pendiente longitudinal. Sin embargo, es necesario establecer valores mínimos, del orden del 0,5%, para resolver puntos críticos, tales como las proximidades de las tangentes de entrada y salida de una curva en las que se inicia la transición del peralte y las secciones en corte.

Las características de la sección transversal tienen también una influencia importante en la seguridad. Los aspectos más importantes son el ancho de carril, el ancho del acotamiento, el acondicionamiento del acotamiento y en carreteras divididas, el ancho y el tratamiento de la franja separadora central. En todos los casos, estos parámetros deben establecerse en función de las características de la carretera y la intensidad del tránsito y los cambios en cualquiera de las características de la sección transversal deben ser graduales y estar bien señalizados.

4.3 Expectativas del Conductor

Las investigaciones realizadas en distintos países sobre el efecto del trazo en la seguridad de la circulación, coinciden en señalar la importancia de respetar las expectativas del conductor a través de la consistencia del camino. Un conductor que circula por una carretera adapta su estilo de manejo a las características de la misma; en la percepción que tiene de las características de la carretera influye, por una parte, la experiencia inmediata de lo que ha encontrado en los tramos que acaba de recorrer y, por otra, la experiencia acumulada en viajes anteriores, respecto a lo que es habitual encontrar en itinerarios de características parecidas a aquel por el que circula. Esto crea unas expectativas del conductor respecto a lo que va a encontrar; cuando se encuentra con una situación inesperada, debe formular un juicio, tomar una decisión y actuar con rapidez, con lo que aumenta el riesgo de tomar una decisión equivocada o una reacción tardía. En determinados casos estos errores provocan la pérdida del control del vehículo y, en consecuencia, un accidente. Por tanto, el proyecto debe tener como objetivo genérico el respetar las expectativas del conductor.

4.4 Distancias de Visibilidad

La distancia de visibilidad es la longitud de la carretera que puede ver el conductor, la cual se puede distinguir entre visibilidad requerida para realizar con seguridad determinadas maniobras y visibilidad disponible. La visibilidad necesaria para cada tipo de maniobra es un valor más o menos fijo, determinado por los valores de los parámetros básicos: velocidades de circulación, tiempo de reacción, aceleración y deceleración del vehículo, condiciones del pavimento, etc. En cambio, la visibilidad disponible varía continuamente a lo largo de la carretera en función de la combinación del alineamiento horizontal y vertical, de la sección transversal y de las restricciones al campo de visión del conductor impuestas por la configuración del entorno de la carretera.

Se pueden distinguir tres distancias de visibilidad necesarias en función de la situación de cada tramo concreto dentro de la carretera:

- *Distancia de visibilidad de parada.* Es la distancia recorrida por el vehículo en condiciones seguras antes de detenerse, desde el momento en que el conductor percibe que existe un motivo para ello; la distancia de visibilidad de parada tiene dos componentes, la distancia recorrida durante el tiempo de reacción y la distancia de frenado.
- *Distancia de visibilidad de aproximación.* Es la distancia necesaria para que dos vehículos que circulan en sentidos contrarios, aproximándose el uno al otro, puedan llegar a detenerse en condiciones de seguridad.
- *Distancia de visibilidad de rebase.* Es la distancia, medida en el sentido de circulación, que debe ver el conductor de un vehículo que está realizando una maniobra de rebase para poder completar su maniobra de forma segura cuando un vehículo que se aproxima en sentido contrario es visto después de haber comenzado el rebase. Se puede considerar que tiene tres componentes: la distancia de adelantamiento, recorrida por el vehículo que adelanta desde que inicia la maniobra, la distancia recorrida por el vehículo que se aproxima en sentido contrario desde el momento en que es visible, y el margen de seguridad.

La combinación del alineamiento horizontal y vertical debe permitir la circulación a la velocidad de proyecto de un vehículo aislado en condiciones de seguridad y comodidad. Esto implica que el conductor de un vehículo disponga en todo momento de la distancia necesaria para parar de emergencia si es necesario. Además, el trazo del camino debe asegurar que la aceleración transversal que se produzca, así como su tasa de variación, no excedan los máximos admisibles desde el punto de vista de la comodidad. Por otra parte, para asegurar un alto nivel de seguridad, el trazo del camino debe ser tal que permita oportunidades suficientes para realizar las maniobras de rebase.

Es altamente recomendado evitar radios de curvatura comprendidos entre la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase, dado que estos radios proporcionan una distancia de visibilidad que provoca situaciones de indecisión, lo cual aumenta el riesgo de sufrir un accidente.

En intersecciones se debe tener en cuenta la distancia de visibilidad de cruce, esta distancia se mide sobre la carretera principal y es aquella que debe ver un conductor antes cruzar o girar hacia la carretera principal en condiciones de seguridad. La determinación de esta distancia se basa en el

tiempo de reacción, la capacidad de aceleración del vehículo y las velocidades de circulación de los vehículos que transitan sobre la carretera principal.

4.5 Señalamiento

El señalamiento es esencial para la seguridad y comodidad de los usuarios de la carretera, si se utiliza adecuadamente, de acuerdo con los principios técnicos establecidos como consecuencia de estudios sobre vehículos, accidentes, velocidades, demoras y, principalmente, sobre las reacciones de los conductores. Los principios fundamentales de una buena señalización son:

- Claridad
- Sencillez
- Uniformidad

La claridad exige que se evite recargar la atención del conductor reiterando mensajes evidentes, y que, en todo caso, se impongan las menores restricciones posibles a su circulación. La sencillez exige que se emplee el mínimo número de elementos que permita a un conductor atento, pero no familiarizado con la carretera, tomar con comodidad las medidas o efectuar las maniobras necesarias. La uniformidad se refiere no sólo a los elementos en sí, sino también a su implantación y a los criterios que la guían.

Además de estar adecuadamente concebidas y dispuestas, las señales se deben detectar y deben ser legibles desde una distancia suficiente tanto de día como de noche. En la fabricación de las señales verticales y en la colocación de las marcas en el pavimento, actualmente se emplean materiales retrorreflectivos; esta propiedad, hace que las señales resulten brillantes cuando son iluminadas y se perciban con mayor facilidad. La retrorreflectividad resulta fundamental para la comodidad y seguridad de la circulación nocturna. La principal propiedad que diferencia los distintos tipos de materiales retrorreflectantes es el coeficiente de retrorreflexión (R_A), que puede definirse como la cantidad de luz por unidad de superficie que devuelve el material; las unidades en que se expresa son candelas por lux por metro cuadrado ($cd/lx/m^2$) y generalmente está debidamente normado.

4.5.1 Marcas en el Pavimento

Las marcas en el pavimento, llamado también señalamiento horizontal, ayudan de manera significativa a reducir la frecuencia y severidad de los

accidentes generalmente a bajo costo. Se considera que las marcas en el pavimento tienen las siguientes 4 funciones.

- Indicar prioridades, prohibiciones o maniobras con preferencia.
- Canalizar los vehículos dentro del carril de circulación.
- Proporcionar al conductor de una guía lateral.
- Influenciar en la velocidad del flujo.

4.6 Seguridad en las Márgenes

La seguridad en las márgenes de un camino, como parte determinante dentro del proceso del proyecto de una carretera, es un concepto relativamente reciente. La seguridad en las márgenes empezó a tomar importancia hasta finales de los 60's y sólo a partir de los 70's se incorpora con regularidad a los proyectos. La preocupación por la frecuencia y principalmente la gravedad de los accidentes, como consecuencia de un segundo impacto contra un objeto fijo colocado a los lados del camino o simplemente por las condiciones del talud, hacen que se desarrollen diversos sistemas de contención tales como la barrera rígida tipo New Jersey y diversos sistemas de amortiguación de impactos. Durante la década de los 60 se publican en Estados Unidos normas para el ensayo de las barreras de seguridad (Highway Research Board, 1962) y para su instalación (Highway Research Board, 1964 y Highway Research Board, 1968).

En esta época, aparece también la primera edición de las recomendaciones de diseño relativas a la seguridad vial (Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety) publicadas por la AASHTO en 1966, y en las que se establecen recomendaciones relativas a las características de la carretera y de las márgenes que afectan a la seguridad vial; en este manual se define por primera vez el concepto "zona lateral libre de obstáculos" y en la edición de 1977 de la *"Guide for Selecting, Locating and Designing Traffic Barriers"*, se modifica este concepto, cuya anchura deja de ser fija y pasa a depender de una serie de variables dependientes de las características de la carretera y del tráfico.

4.6.1 Zona Lateral Libre de Obstáculos

Existen muchas circunstancias por las cuales un vehículo puede salir del camino sin control; ante esta situación, siempre que sea posible, el camino debe proporcionar las condiciones necesarias para que el conductor pueda

recuperar el control del vehículo. Dentro de estas condiciones se encuentra una zona lateral al borde del camino libre de obstáculos, llamada “zona de recuperación”; dicha zona se define por la distancia que el vehículo recorre longitudinalmente por fuera de la carpeta asfáltica y por la distancia que penetra perpendicularmente al borde del camino, ambas dependientes de la velocidad a la que viaja el vehículo y del ángulo con el cual abandona la cinta asfáltica. El ancho deseable se determina de acuerdo con las velocidades de operación (percentil 85), volúmenes de tránsito y geometría del camino; y debe también ser un compromiso entre seguridad y economía.

La Figura 4.1 muestra el ancho deseable de la zona de recuperación para tramos con un determinado Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y un percentil 85 de las velocidades que se observen en él; así mismo, se aclara que en muchos casos, por cuestiones topográficas principalmente, no siempre será posible proporcionar una franja de recuperación con el ancho deseado, por lo cual, el auditor debe verificar que el proyecto o camino, considere medidas alternativas.

Proporcionar y mantener una zona libre de obstáculos a los lados del camino o zona de recuperación, proporciona beneficios definitivos en la prevención de accidentes; aún en caminos rurales con bajos volúmenes vehiculares; en curvas con radio menor a 600 metros, se recomienda que el ancho de la zona de recuperación en la parte exterior de la curva, sea el doble, según sea el caso.

Ancho deseable de la zona libre (mts)

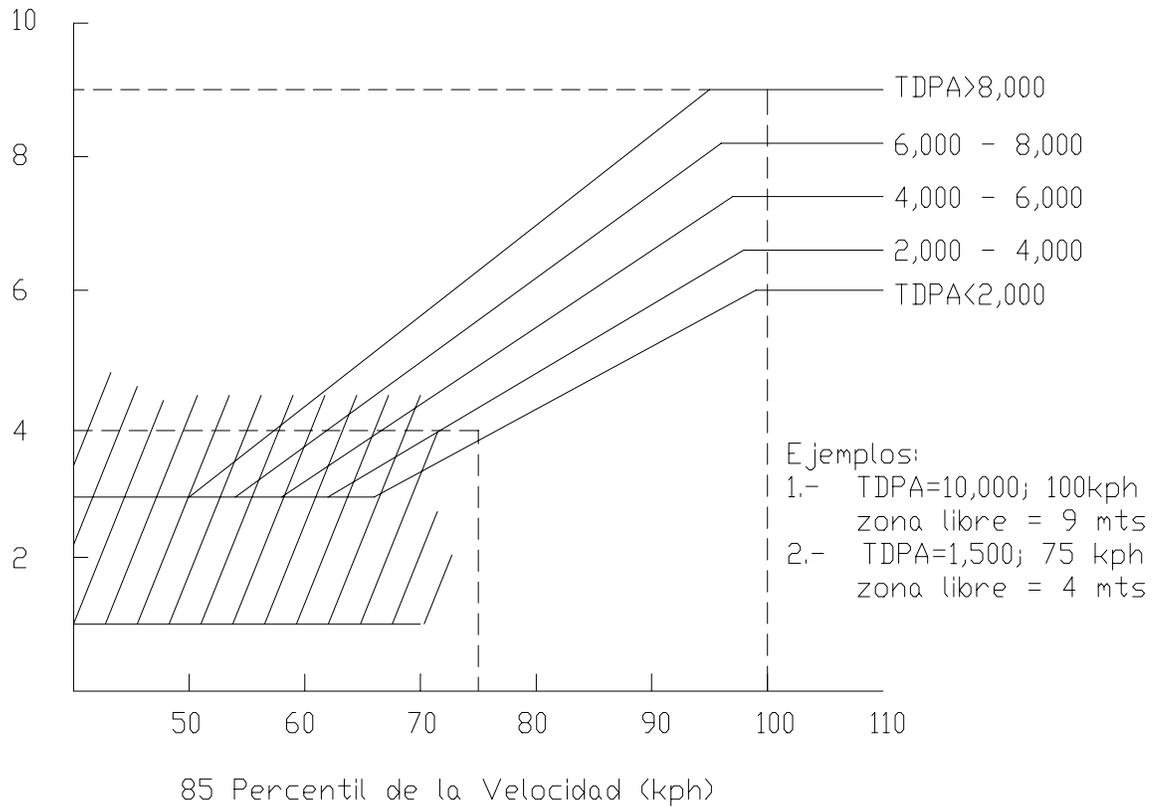


FIGURA 4.1 Ancho Deseable de la Zona Libre de Obstáculos

4.6.2 Sección Transversal

En relación con la sección transversal de un camino, es importante tener en cuenta que los taludes suaves proporcionan también grandes beneficios en la prevención de accidentes; los tramos en donde el talud de la sección transversal presenta una pendiente entre 4 a 1 y 7 a 1 tienen índices de accidentes considerablemente bajos. Un talud con pendiente 5 a 1 es altamente recomendable. Es importante destacar que la pendiente del talud y la zona de recuperación, están fuertemente relacionadas; por definición, una zona de recuperación debe incluir una pendiente del talud mayor a 4 a 1. Taludes con pendiente menor de 4 a 1 son demasiado fuertes para permitir la recuperación del control del vehículo y generalmente ocasionan su volcadura.

Las relaciones deseadas en la pendiente del talud, generalmente se verifican durante una auditoría en las etapas de anteproyecto y proyecto definitivo. Sin embargo, en muchas ocasiones pueden hacerse observaciones al respecto para un camino en servicio, especialmente cuando se trate de curvas horizontales y sitios del camino considerados de alto riesgo, si las condiciones topográficas lo permiten.

4.6.3 Superficie de Rodamiento

Las características de la superficie de rodamiento tienen un efecto particular en la seguridad del camino. Los accidentes potenciales se pueden reducir considerablemente por el uso de superficies con suficiente resistencia al derrapamiento, principalmente en pavimentos mojados; en pavimentos bajo estas condiciones también se puede mejorar la visibilidad y reducir el deslumbramiento por el reflejo de la luz en el pavimento, proporcionado una adecuada textura a la superficie.

4.6.4 Objetos Fijos

Postes

Los postes llegan a representar un riesgo para la seguridad, especialmente en sitios donde suelen ocurrir salidas del camino; tales como, curvas horizontales, tramos sinuosos, pendientes prolongadas, incorporaciones laterales, intersecciones, sitios con insuficiente resistencia al derrapamiento, entre otros. En general, el riesgo se incrementa en caminos muy transitados, en zonas que presentan una alta densidad de postes por longitud de camino, cuando están colocados a una distancia muy corta de la

orilla del camino y mayoritariamente cuando están en la parte exterior de una curva horizontal o en sitios donde la fricción del pavimento es reducida.

Dentro de una auditoría, se deben revisar los siguientes aspectos:

- La distancia que existe entre ellos y la orilla del camino.
- Ver la posibilidad de eliminar algunos para incrementar el espacio entre ellos utilizándolos para varios fines (electricidad, teléfono, alumbrado) o proponer instalaciones subterráneas.
- Ver la posibilidad de protegerlos con barreras laterales o atenuadores de impacto cuando no sea posible eliminarlos o reubicarlos.
- En áreas donde exista una alta actividad peatonal o cuando se encuentran cercanos a la orilla del camino, analizar los riesgos secundarios que se pudieran generar debido a que un vehículo fuera de control pudiera llegar a romper alguno y ver la posibilidad de utilizar postes de un material que pueda absorber el impacto; estos materiales permiten que el poste se deforme progresivamente y atrapan al vehículo.

Los postes de materiales fácilmente deformables, son usados mayoritariamente en calles y avenidas urbanas; sin embargo, se pueden utilizar al paso de una carretera por zonas rurales o en las entradas a los centros urbanos.

Arboles

Los árboles y arbustos a lo largo de un camino, pueden dar un aspecto estético, ayudar a proteger a los conductores del deslumbramiento de los vehículos que circulan en sentido contrario y proporcionar un panorama visual agradable del entorno; sin embargo cuando se encuentran demasiado cerca de la orilla del camino, constituyen un riesgo como cualquier otro objeto fijo que se encuentre en la zona de recuperación de los vehículos.

En general, se sugiere que los árboles sean eliminados en una área que va 1 metro más allá del ancho deseable de la zona de recuperación, según sea el caso.

Elementos de Soporte del Señalamiento

Exceptuando el señalamiento que está protegido por barreras laterales, se recomienda que todo el señalamiento menor tenga soportes frágiles, para que al momento del impacto se rompan o se desprendan de su base. En el

caso de que sean rompibles, deberán hacerlo a una altura determinada de la base, de tal manera que los escombros que se acumulen en ellos no impidan que se rompa y que además, al romperse permitan que el vehículo pase libremente por arriba del trozo que queda; para los soportes que se desprenden de su base, se debe recalcar que en ambientes de bajas velocidades son innecesarios, debido a que se requiere una velocidad mayor a 35 km/h para que lo hagan. En estos casos, y en sitios donde el hecho de que salgan volando represente un riesgo adicional, se recomienda utilizar materiales ligeros deformables.

Puentes

Los riesgos asociados con los puentes pueden ser significantes. En puentes angostos se incrementa la posibilidad de que un vehículo choque contra el puente; por otro lado, algunas veces suelen estar colocados inmediatamente después de una curva vertical en cresta o de una curva horizontal, lo cual aumenta considerablemente la posibilidad de que un vehículo pueda chocar contra la entrada del puente, accidente generalmente de consecuencias fatales.

En estos casos, una auditoría debe verificar los siguientes aspectos:

- Asegurar que el pavimento en un puente cuente con las guías (líneas y vialitas) necesarias para una comprensión adecuada del trazo del puente.
- Revisar que el puente contemple marcas retroreflectivas, colocadas en ambos lados de las entradas del puente, para indicar su ancho.
- Recomendar la instalación de una línea de vialitas a lo largo de las barandas del puente, para que junto con las marcas en el pavimento proporcionen una mayor comprensión del trazo del puente.
- Asegurar que el puente cuente con barreras laterales en las entradas, de tal manera que un vehículo fuera de control pueda ser encauzado para evitar el choque de frente contra el inicio de la baranda del puente.

Cunetas

Las cunetas también representan un problema para la seguridad vial; por lo general, se localizan demasiado cerca de los carriles de circulación, generando graves problemas cuando un vehículo pierde el control y entra en ella, ya que además del impacto contra el talud, existen grandes posibilidades de que el vehículo vuelque. Un diseño adecuado, con la

seguridad vial en mente, consistiría en proyectar una cuneta en relación con el acotamiento con que se cuenta; es decir, utilizando todo el acotamiento para suavizar la pendiente, colocarla totalmente pegada al talud y, en muchos casos, considerar cubrirla con una estructura metálica.

4.7 Control de Accesos

El control de accesos es un proceso que permite el balance entre las dos funciones de la red, mediante la regulación de la localización y de las características de las intersecciones y los accesos desde las propiedades privadas, calles y caminos públicos a la red de carreteras. Esta regulación permite reducir los niveles de congestión y prolongar la vida funcional de las infraestructuras existentes y puede ser un elemento muy eficaz en la preservación de la seguridad vial y de la capacidad de la red.

El propósito principal del control de accesos, es mantener la jerarquización funcional de un camino y se basa en los siguientes principios:

- Una red carretera está compuesta por distintas clases de caminos que cumplen diferentes funciones.
- Se debe asegurar accesibilidad a las propiedades aledañas sin comprometer la funcionalidad del conjunto del sistema carretero y del camino mismo.
- El acceso directo a las propiedades colindantes debe limitarse en carreteras de mayor nivel para favorecer la movilidad y aprovechar al máximo la capacidad.
- La localización y la geometría de los accesos a la carretera debe regularse con el objetivo de minimizar la fricción y los accidentes.

La teoría de planificación de redes carreteras distingue entre cinco y siete niveles o categorías funcionales, desde las autopistas hasta las calles. La Tabla 4.1 refleja la clasificación propuesta por Levison, H. y Koepke F. (Levison, H. y Koepke F., 1994).

TABLA 4.1 Niveles de Control de Accesos

NIVEL	ACCESOS ADMITIDOS	CLASIFICACION DE LA CARRETERA	CARACTERISTICAS GENERALES DE DISEÑO
1	Sólo a través de enlaces (flujo continuo)	Autopista	Varios carriles por sentido, mediana
2	Sólo a través de enlaces e intersecciones con vías públicas (flujo continuo)	Vía rápida	Varios carriles por sentido, mediana
3	Incorporaciones por la derecha o a través de enlaces (flujo continuo)	Arteria prioritaria	Varios carriles por sentido, mediana
4	Incorporaciones con giro a la derecha y salidas con giro a izquierda o derecha. Carriles de giro a la izquierda desde la vía principal (flujo discontinuo en una dirección)	Arteria principal	Varios carriles por sentido, mediana
5	Giros a derechas y a izquierdas con carriles de giro de entrada y salida (flujo discontinuo en las dos direcciones)	Otras arterias	Dos o más carriles
6	Entradas y salidas con giros a derechas e izquierdas, carriles de giro a izquierda opcional (flujo continuo en dos direcciones)	Colectores	Carretera convencional
7	Entradas y salidas con giros a derechas y a izquierdas (limitaciones por seguridad sólo)	Vías locales	Carretera convencional

4.8 Zonas de Obra y Mantenimiento

Las zonas de obra representan, por sus características intrínsecas, un mayor riesgo para los usuarios de las carreteras. Las áreas de construcción, desviaciones y conexiones temporales a menudo implican un entorno que requiere una mayor precaución de la que normalmente es esperada por los usuarios; por lo tanto, se debe observar una estricta adherencia a las especificaciones para la colocación y selección de los tipos de señales y los elementos de control del tránsito. Las zonas de obra requieren un constante monitoreo, incluyendo observaciones “in situ”; así mismo, se debe procurar que los sistemas seleccionados para el control del tránsito tengan la suficiente flexibilidad, de tal manera que permitan realizar modificaciones de manera fácil y segura.

Los dispositivos para el control del tránsito, deben conducir el flujo vehicular a través o alrededor del área de construcción a una velocidad controlada, procurando que la geometría del camino y los estándares de diseño sean lo más cercano posible a los que se tendrían durante la operación normal del camino; al mismo tiempo, se debe proporcionar al constructor un espacio suficiente para que trabaje cómoda y seguramente. Siempre que sea posible, se debe evitar detener totalmente el flujo de los vehículos ya que aumenta la probabilidad de colisiones por alcance; proporcionar un movimiento constante a través de la zona de obra, por muy lento que sea, es más seguro y menos irritante para los usuarios del camino.

La canalización del tránsito debe realizarse mediante la utilización de señalamiento, marcas en el pavimento y barreras, de tal modo, que quede perfectamente delimitada la canalización y tenga buena visibilidad.

4.8.1 Principios Básicos para Lograr la Seguridad Vial en Zonas de Obra

- 1 La seguridad vial debe ser un elemento integral y prioritario.
 - El proyecto para el control de tránsito debe ser tan detallado como lo amerite la complejidad de la obra.
- 2 Se debe procurar que las operaciones afecten lo menos posible al tránsito.
 - El proyecto para el control del tránsito debe realizarse considerando que los conductores reducen la velocidad de sus vehículos sólo si perciben claramente la necesidad de hacerlo.

- Se deben evitar cambios abruptos y frecuentes en la geometría del trazo, de tal forma que se realicen maniobras repentinas.
 - Se debe proporcionar acceso y paso seguro a los peatones a través de la zona de obra.
- 3 Se deben utilizar los dispositivos necesarios que aseguren una guía adecuada a conductores y peatones.
 - 4 El mantenimiento de la seguridad en las franjas laterales al camino también requiere de atención.
 - Es deseable proporcionar área de recuperación para situaciones de emergencia y vehículos fuera de control.
 - Los dispositivos utilizados para la canalización de los vehículos deben ceder fácilmente si son golpeados por vehículos errantes.
 - Los pasos para peatones deben ser protegidos, de tal manera que minimicen su exposición a vehículos errantes.
 - 5 El alineamiento y la superficie de rodamiento en los desvíos, deben permitir un movimiento seguro a una velocidad razonable.
 - 6 Se debe tener especial cuidado en las distancias de transición para el estrechamiento o cierre de carriles cuando el flujo se desplaza lateralmente.
 - 7 Deben proporcionarse señalamiento y marcas de pavimento que sean efectivos tanto de día como de noche.
 - 8 Cuando se tengan condiciones especiales, la ubicación de conos, tambores o barreras como medios de canalización del tránsito, se debe detallar en planos cuidadosamente

4.9 Intersecciones y Enlaces

Los nudos son puntos críticos en cuanto a capacidad y seguridad. Para su proyecto es necesario tener en cuenta una serie de factores que condicionan el funcionamiento y el costo de la solución. Los factores principales son los siguientes:

- Clasificación funcional y tipología de las vías que se unen.
- Demanda de tráfico de cada movimiento permitido en el nudo.
- Características de los vehículos.
- Movimientos de los peatones y ciclistas.
- Topografía del emplazamiento del nudo.
- Registro de accidentes, en el caso de proyectos de modificación de nudos existentes.

En las intersecciones a nivel, los movimientos de paso se resuelven mediante el establecimiento de prioridades fijas de paso o con la regulación de los movimientos a través de semáforos. Excepto en el caso de glorietas, los tramos deben conservar o incluso mejorar sus características de capacidad para mantener en la medida de lo posible el nivel de servicio, a pesar de la perturbación introducida por el nudo.

Desde el punto de vista de la seguridad, los principios básicos del proyecto de una intersección son (Jansen, T. *et al*, 1998):

- Ser claramente perceptible desde todos los accesos para permitir una segura adaptación de la velocidad y la selección del carril necesario.
- Disponer de una visibilidad de cruce adecuada.
- Ser simple y claramente comprensible.
- Ser accesible.
- Favorecer en la medida de lo posible la reducción de las velocidades y evitar los ángulos conflictivos entre las trayectorias de los vehículos.
- Permitir la coordinación de los movimientos de los conductores, los peatones y los ciclistas.

Generalmente, las normas establecen cuando las intersecciones deben ser canalizadas y especifican también las condiciones para las que es obligatorio disponer carriles directos de giro a la derecha y carriles de cambio de velocidad, así como el modelo para el cálculo de las longitudes de éstos. Así mismo existen limitaciones en cuanto a las distancias a las que se puede situar una entrada y una salida sucesivas.

Los enlaces a distinto nivel se utilizan siempre cuando una de las carreteras que se cruzan es una autopista. Pueden resultar adecuados también en los siguientes casos:

- Intersecciones de dos vías rápidas, o cuando una vía rápida se cruza otra de menor nivel.
- Intersecciones en zona urbana reguladas por semáforos, con nivel de servicio "F", siempre y cuando no exista otra alternativa viable para aumentar la capacidad.
- Intersecciones con un historial de accidentes que indique que se puede conseguir una reducción sustancial mediante un enlace a desnivel.
- Accesos a centros importantes de actividad en los que la instalación de un semáforo perjudicaría la progresión del flujo circulatorio, y no existe otra alternativa viable.
- Accesos a centros de actividad importantes localizados sobre la carretera de tal manera que los accesos directos o vueltas izquierdas representen un alto riesgo.

5 Procedimiento de las Auditorías

En los capítulos anteriores se han mencionado una serie de aspectos generales relacionados con la Auditoría en Seguridad Carretera, señalándose su filosofía, objetivos, conveniencia, etapas en las que puede aplicarse, partes involucradas, etc. En el este capítulo se presenta el procedimiento que debe seguirse en la realización de una auditoría, independientemente de la etapa del proyecto en que sea aplicada. Es decir, cuales son los pasos que deben seguirse para completar la realización de la auditoría, desde la selección del auditor hasta el seguimiento de las recomendaciones hechas por éste.

A pesar de ser un tema que a primera vista pudiese parecer complicado, debido a su reciente aparición en el campo de la ingeniería de seguridad vial, la Auditoría en Seguridad Carretera es un proceso relativamente sencillo. En la Figura 5.1 se presenta este proceso, paso a paso, de manera esquemática, señalando para cada actividad en quién recae la responsabilidad de llevar a cabo cada una de las actividades.

El proceso de auditoría presentado en la Figura 5.1 puede aplicarse a cualquier proyecto carretero independientemente de su tamaño y naturaleza, así como del número de etapas en que sea sometido a la ASC. Sin embargo, el nivel de detalle necesario para cada una de las actividades mencionadas debe ser congruente con las necesidades de cada proyecto. Por ejemplo, para proyectos muy pequeños una llamada telefónica puede ser suficiente para sustituir una reunión entre las partes. En contraparte (siguiendo el mismo ejemplo), los grandes proyectos pueden requerir varias reuniones adicionales.

5.1 Selección del Auditor

Esta actividad tiene como objetivo seleccionar o escoger un auditor o equipo auditor que sea independiente y tenga la experiencia y habilidades requeridas para el proyecto.

Como se mencionó anteriormente, el contar con una lista de auditores y sus habilidades específicas puede ser de gran ayuda en el proceso de selección (véase el inciso 3.2 “*Características de un Auditor*”). Además, deben considerarse los siguientes puntos dentro de este proceso:

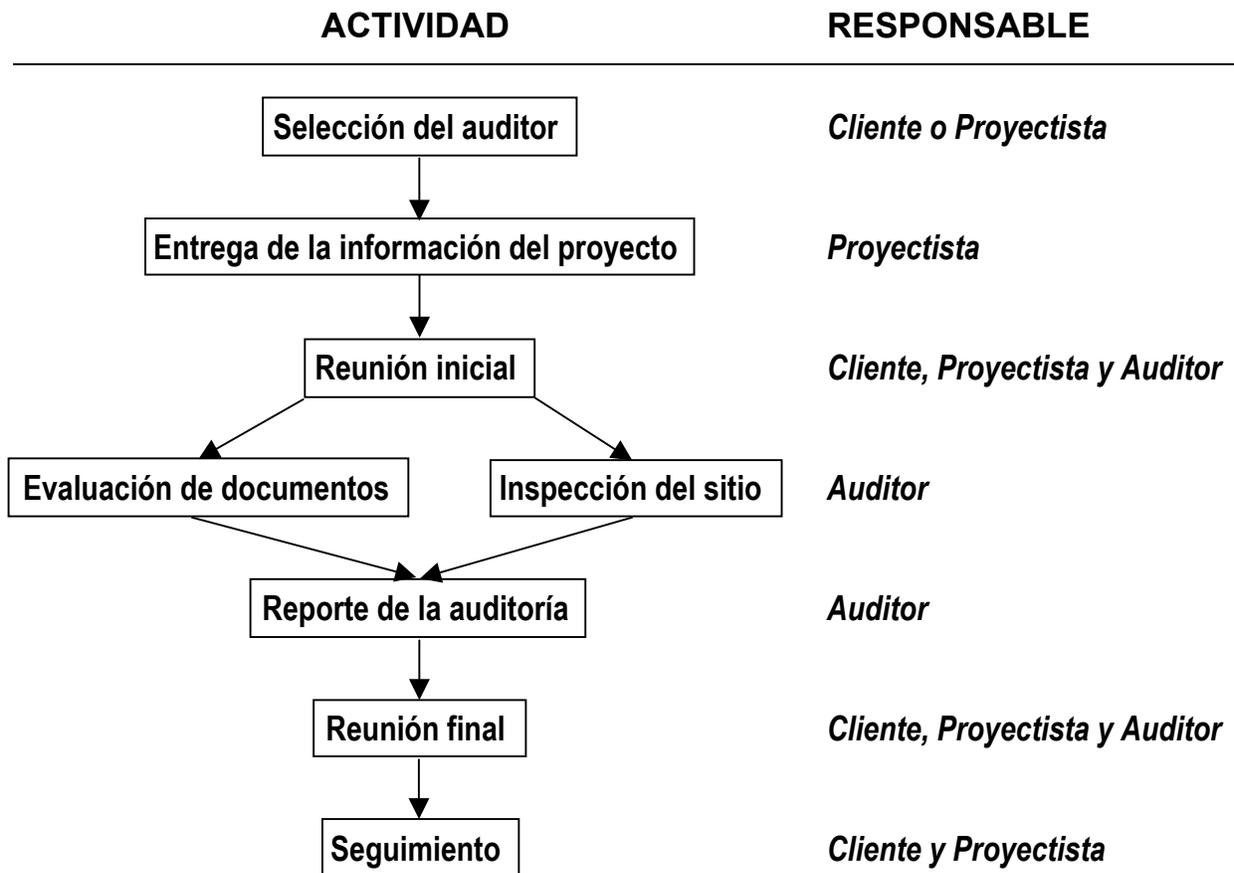


FIGURA 5.1 Proceso de una Auditoría en Seguridad Carretera

- ¿Es el auditor independiente?
 - *¿Puede aplicar una visión fresca al proceso de auditoría?*

- ¿Ha recibido entrenamiento?
 - *¿Ha asistido a talleres y participado previamente en auditorías?*

- ¿Reúne las habilidades necesarias en:
 - *Ingeniería de seguridad vial,*
 - *Ingeniería de tránsito,*
 - *Control de tránsito,*
 - *Diseño geométrico,*
 - *Investigación y prevención de accidentes?*

- ¿Es apto para las tareas específicas?
 - *¿Puede percibir los problemas de seguridad desde el punto de vista de los diferentes usuarios del camino?*

Otro aspecto que vale la pena mencionar es la cuestión sobre quién debe seleccionar al auditor. Esta disyuntiva no es tan importante como el hecho de que debe ser independiente y que cuente con los conocimientos y habilidades necesarias para realizar una Auditoría en Seguridad Carretera de calidad. El cliente puede elegir entre nombrar al auditor o delegar esta actividad al proyectista. En este último caso la independencia del auditor debe ser demostrada por el proyectista.

Una vez seleccionado el auditor, el proyectista entra en contacto con él y se ponen de acuerdo sobre los términos en que se realizará la auditoría. Cabe hacer notar que es el proyectista quien toma la iniciativa, independientemente de si ha seleccionado al auditor o esto ha sido realizado por el cliente.

La iniciación de la auditoría puede ordenarse utilizando un formato preestablecido consignando los detalles en un documento anexo.

5.2 Entrega de la Información del Proyecto

El objetivo de esta actividad es proporcionar al auditor la información necesaria para permitir una evaluación adecuada del proyecto en el aspecto de la seguridad vial.

El proyectista debe recopilar la información relevante y necesaria y presentarla de manera que sea útil para el auditor. En esta información se debe incluir esquemas, datos, dibujos y documentos, incluso puede ser necesario recolectar información adicional, como pueden ser volúmenes de tránsito. Además debe tenerse en cuenta que la preparación de esta información debe hacerse con la suficiente anticipación para evitar demoras en la realización de la auditoría.

La información proporcionada por el proyectista al auditor típicamente incluye:

- Propósito del proyecto.
- Datos de sitio.
- Planos y dibujos.

5.2.1 Propósito del Proyecto

En esta parte se hace referencia a las funciones y objetivos del proyecto a fin de tener un panorama general sobre el mismo. Debe incluirse lo siguiente:

- Las razones por las cuales se emprende el proyecto.
- Cómo se logrará cumplir con los objetivos planteados.
- Las deficiencias que deben ser consideradas.
- Las razones que motivaron ciertas características en el diseño.
- Las aportaciones de la comunidad.
- Los reportes de consultoría o auditoría realizados anteriormente.

5.2.2 Datos del Sitio

Estos constituyen una parte vital de la información, ya que permiten evaluar cualitativa y cuantitativamente los aspectos de seguridad del proyecto. Al respecto es necesario consignar lo siguiente:

- Los estándares de diseño utilizados.
- Historial de accidentes, incluyendo periodos, tipo, distribución temporal y frecuencia, con el propósito de asistir a la inspección del sitio y señalar los problemas existentes.
- Volúmenes de tránsito, señalando su composición e incluyendo peatones y ciclistas.
- Aspectos de seguridad conocidos que permanecen sin resolver desde auditorías realizadas en etapas previas.
- Condiciones del entorno incluyendo servicios, clima (lluvia, neblina, etc.), fauna, flora, topografía, sitios históricos, etc.

5.2.3 Planos y Dibujos

Estos forman parte integral de todo proyecto carretero y son esenciales para llevar a cabo la Auditoría en Seguridad Carretera, aquí se incluye:

- Un conjunto de planos donde se muestren los alineamientos horizontal y vertical y otros aspectos relevantes para la etapa del proyecto en que se aplique la auditoría.
- Dibujos, esquemas y croquis que cubran los caminos adyacentes y/o describan los usos de suelo que puedan ser afectados por el proyecto o por los cambios en los patrones de tránsito inducidos por éste.

5.3 Reunión Inicial

El objetivo que se persigue al llevar a cabo una reunión inicial entre las partes involucradas es el de familiarizar al auditor con el proyecto, entregarle la información relevante del mismo y aclarar al cliente y al proyectista el proceso, propósito y alcance de la auditoría.

En esta reunión, realizada en los inicios del proceso de auditoría, las partes involucradas en el proyecto se reúnen, lo que da ocasión a explicar el propósito de la Auditoría en Seguridad Carretera, discutir las listas de puntos a revisar y aspectos particulares del proyecto, tales como los problemas experimentados en lograr los objetivos establecidos para la planeación, diseño o construcción. Además, la información relevante y señalada en párrafos anteriores es entregada al auditor.

La reunión inicial debe considerarse como una buena oportunidad para establecer una relación constructiva entre las partes que lleve a un mejor aprovechamiento del conocimiento colectivo y propuestas de calidad que sean aceptadas y llevadas a cabo y con ello lograr un proyecto bien auditado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en ningún momento debe comprometerse la independencia del auditor.

5.4 Evaluación de Documentos

En esta actividad se tiene por objetivo revisar el diseño y la información relevante para obtener conclusiones sobre el desempeño en el aspecto de seguridad, así como el potencial de accidentes del proyecto carretero propuesto.

Después de recibir la información del proyectista en la reunión inicial y antes de comenzar con la evaluación de seguridad, el auditor tiene la obligación de revisar que toda la información que requiere le ha sido entregada de manera ordenada y de fácil interpretación y en su caso debe obtener del proyectista la información suplementaria requerida.

La evaluación tiene lugar en paralelo con las inspecciones del sitio, de tal manera que la información debe ser revisada antes y después de las visitas de campo. Los documentos (incluyendo planos y dibujos), notas de campo y otra información relevante son evaluados usando las listas de repaso y el criterio del auditor y su equipo. El auditor establece entonces aquellas áreas del proyecto que son deficientes en términos de seguridad vial o que requieren de una mayor explicación. Si se tiene este último caso, se debe solicitar mayor información al proyectista sobre el particular, antes de realizar el reporte escrito. Sin embargo, cuando el auditor requiera mayor información con respecto a algún aspecto particular del proyecto, debe limitarse a aclarar las dudas que pudiesen haberse presentado, cuidando de no adelantar al proyectista datos o conclusiones que serán consignados en el reporte de auditoría y mucho menos pedirle opinión sobre ellos.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores la auditoría debe confinarse a los aspectos de seguridad vial; sin embargo, debe considerarse un enfoque superior a este aspecto durante la realización de la misma, ya que, por ejemplo, pueden presentarse elementos del diseño que tiendan a causar molestia o frustración a los usuarios y donde es difícil establecer una relación directa con los accidentes, pero puede determinarse que estos elementos tienden a hacer más pesada la tarea del conductor, lo cual, al combinarse con otros aspectos, puede conducir a la ocurrencia de accidentes.

La evaluación debe considerar que el proyectista debe cumplir con estándares y guías de diseño apropiados. En la reunión inicial, o en la información entregada al auditor, pueden destacarse los casos en los que el proyectista ha elegido estándares adecuados, pero no los ha cumplido cabalmente por ciertas razones (por ejemplo: suficiente experiencia en seguridad vial que le ha permitido identificar estándares inadecuados u obsoletos). En los casos en los que no exista una buena razón para apartarse de las prácticas recomendadas, el auditor debe señalar al proyectista estas situaciones para la correcta aplicación de los estándares de diseño.

Un punto muy importante, relacionado con lo anterior, y que no debe perderse nunca de vista, radica en el hecho de que la seguridad vial no se logra automáticamente al cumplir con los estándares y guías de diseño recomendados, ya que en algunos casos éstos pueden ser inadecuados u obsoletos. Sin embargo, se debe reconocer que son el mejor punto de partida para el diseño geométrico de una carretera y deben ser aplicados a menos que resulten en un nivel poco satisfactorio de seguridad. En la aplicación de una Auditoría en Seguridad Carretera en las etapas iniciales del proyecto, se debe poner especial énfasis en este aspecto.

Otros aspectos que no estén relacionados con la seguridad (estética, conveniencia, etc.) no deben incluirse en el reporte elaborado por el auditor ya que salen de la esfera de su competencia.

5.5 Inspección del Sitio

Esta actividad, responsabilidad del auditor, tiene como objetivo visualizar la manera en que el proyecto interactúa con el entorno que le rodea y los otros caminos en el área; además, con ella se pretende identificar impedimentos potenciales y conflictos para los diferentes grupos de usuarios que probablemente hagan uso del camino.

La inspección del sitio resulta esencial en todas las etapas del proyecto susceptibles de ser auditadas. Durante la inspección del sitio, el auditor puede apreciar problemas relacionados con el proyecto e incluso visualizar cambios futuros en el entorno y sus efectos en la seguridad. Por otra parte, las visitas realizadas durante la noche son esenciales en la aplicación de la Auditoría en Seguridad Carretera en las fases 4 y 5 del proyecto (véase inciso 3.4 “Fases de una Auditoría”) y arrojan beneficios significativos en fases anteriores, lo que depende del tipo de proyecto y su relación con el sistema de tránsito existente.

La inspección debe incluir las secciones adyacentes de la carretera. Estas zonas pueden representar un peligro, sobre todo en proyectos de modernización (donde generalmente se introducen mejores estándares), ya que:

- El trazado y accesorios de un camino que operan de manera segura pueden no hacerlo si se alteran los volúmenes de tránsito, velocidades de operación o movimientos dentro del flujo vehicular.
- Los conductores pueden no estar conscientes de la necesidad de ajustar su comportamiento usual en la carretera modernizada.

Adicionalmente a lo anterior, la inclusión de nuevos caminos o cambios en el entorno vial a menudo causan cambios en el movimiento del tránsito y de peatones, mismos que deben ser correctamente señalados y considerados en la auditoría y en el reporte de la misma.

Como se ha mencionado, la auditoría debe realizarse desde el punto de vista de todos los probables grupos de usuarios del camino: niños, ancianos, peatones, ciclistas, conductores de vehículos pequeños y operadores de vehículos pesados; ya que estos grupos presentan características y necesidades diferentes desde el punto de vista de la seguridad vial que deben ser correctamente identificadas y atendidas.

De igual manera, deben considerarse los diferentes tipos de movimientos realizados por los grupos anteriores, como son: a lo largo del camino, en cruces o a la entrada o salida del camino. También se toma en cuenta los posibles efectos por las diferentes condiciones climatológicas presentes en el área, principalmente aquellas que pudiesen conducir a situaciones adversas (lluvia, neblina, nieve, etc.) o inesperadas y de alta peligrosidad (derrumbes, deslizamientos de tierras, inundaciones, etc.).

Durante la visita de campo, debe tenerse en cuenta que la toma de fotografías y/o videos, adicionales a las notas tomadas, permite tener referencias visuales para acciones futuras y contar con material importante para revisiones en gabinete y para incluir en el reporte escrito.

Una vez identificados los problemas de seguridad, después de revisar los documentos y realizar la inspección de sitio, el auditor debe proceder a señalarlos, ordenarlos, estructurarlos y formularlos de manera correcta a fin de que sean considerados y consignados en el reporte de la auditoría.

5.6 Reporte de una Auditoría

La realización de un reporte escrito tiene como objetivo expresar de manera formal las conclusiones derivadas de la aplicación de una Auditoría en Seguridad Carretera a un proyecto y las recomendaciones de seguridad (acciones correctivas) sobre los aspectos que involucran peligros innecesarios o irrazonables para los posibles usuarios de la carretera. Debe tenerse en cuenta que el propósito del reporte no es el de calificar el diseño geométrico sino identificar problemas de seguridad. Se debe asumir que todo proyecto está bien realizado, por lo que no es necesario mencionar en el reporte los aspectos positivos del diseño. Sin embargo, a criterio del auditor, puede hacerse mención a ciertos elementos del diseño que proporcionen o ayuden a lograr un excelente desempeño en los aspectos de seguridad. Lo anterior con la finalidad de promover su uso en proyectos posteriores.

El reporte es un elemento importante, ya que proporciona la documentación formal que sirve de base para la toma de decisiones sobre las acciones correctivas que deban emprenderse. Las recomendaciones consignadas deben limitarse a indicar la posible solución y no a desarrollar esta solución en detalle, responsabilidad que recae en el proyectista. Además, el reporte puede contener una breve descripción del proceso de la auditoría.

Es probable que, en algunos casos, el auditor identifique problemas de diseño que conduzcan a deficiencias en el aspecto de la seguridad vial y, sin embargo, no sea posible hacer recomendaciones para solucionarlos, ni siquiera de manera general. En estos casos los problemas identificados no deben ser ignorados, sino que deben ser consignados en el reporte, haciendo notar claramente la necesidad de investigar más a fondo acerca de la(s) posible(s) solución(es).

Es importante que los puntos listados en las recomendaciones hechas por el auditor sean mostradas en un orden lógico para aquellos que deban evaluar las acciones correctivas, sin embargo dada la naturaleza propia de cada proyecto, la forma de presentar los problemas debe adaptarse a las necesidades particulares de cada proyecto. En algunos casos resultará conveniente hacerlo por cada elemento en particular (por ejemplo: cunetas, barreras, etc.); en otros, convendrá mostrarlos por sitios específicos (por ejemplo: intersecciones, túneles, etc.); y en algunos otros, como es el caso de carreteras de gran longitud, será apropiado dividir el proyecto en tramos o secciones.

Es un hecho que algunos de los problemas de seguridad identificados son más importantes o graves que otros, por lo que puede resultar conveniente señalar esta diferencia en las recomendaciones hechas por el auditor, con el propósito de resaltar aquellas que requieran de mayor atención. La Referencia Valdés, A. *et al.* menciona dos categorías para señalar aquellos problemas identificados como más importantes:

- “*Atención Inmediata*”. Se incluyen aquellos aspectos o elementos que se consideran de suficiente peligrosidad y que requieren remoción, protección o señalización inmediata.
- “*Importante*”. Se incluyen los problemas de seguridad que el auditor considera que constituyen un peligro potencial importante.

Resulta necesario señalar que estas categorías no son excluyentes y que su uso no implica que las demás recomendaciones no catalogadas dentro de éstas no requieran de atención o sean poco relevantes.

Adicionalmente, la experiencia Danesa en Auditorías en Seguridad Carretera (Schelling A., 1996) señala que las recomendaciones del auditor deben ser estructuradas en dos niveles:

- 1 “*Problemas*”. Se incluyen aquellas condiciones en las que es posible documentar su relación con el incremento en el riesgo de ocurrencia de accidentes.
- 2 “*Observaciones*”. Aquí se hace referencia a aquellas condiciones que la experiencia demuestra que requieren un seguimiento riguroso pero que no es posible documentar su relación con el incremento de riesgo en la ocurrencia de accidentes.

El reporte escrito debe contener lo siguiente:

- Información general del proyecto. En este inciso deberá mostrarse la información general que identifique y caracterice al proyecto:
 - ➔ *Nombre del proyecto, ruta, carretera, tramo y subtramo, en su caso.*
 - ➔ *Etapas en la que se realiza la Auditoría en Seguridad Carretera.*
 - ➔ *Breve descripción del proyecto.*
- Información de respaldo
 - ➔ *Lista del material utilizado durante la Auditoría (reportes, planos, etc.).*
 - ➔ *Nombres de los integrantes del equipo auditor.*
 - ➔ *Información sobre las fechas de visitas de sitio y evaluaciones.*
- Resultados y recomendaciones. Esta debe ser la parte más importante del reporte. Para cada aspecto identificado como problemático deberá incluirse:
 - ➔ *Una breve descripción de los resultados de la visita del sitio y la revisión del material disponible.*
 - ➔ *Recomendaciones para las acciones correctivas.*
 - ➔ *Declaración formal con fecha y firma del auditor indicando que la auditoría ha sido terminada.*

A manera de ilustración, en el Anexo1 se muestra una propuesta de reporte de una Auditoría en Seguridad Carretera conteniendo los puntos señalados anteriormente. Resumiendo, el reporte de la auditoría debe ser un documento breve y conciso que establezca un resumen de eventos y señale medidas que puedan ser consideradas para emprender acciones correctivas.

Con el fin de mantener una buena comunicación durante una auditoría, es posible que el auditor entre en contacto con el proyectista para resolver algunas dudas o puntos poco claros antes de emitir sus conclusiones. Sin embargo, por su posición de independencia, el auditor no debe enviar al cliente o al proyectista un borrador del reporte final.

5.7 Reunión Final

El objetivo de esta actividad es el de discutir las recomendaciones hechas por el auditor para determinar las acciones correctivas que en su caso deban emprenderse. En esta reunión es necesaria la participación del proyectista, del auditor y del cliente. En ella el proyectista puede pedir al auditor sugerencias adicionales sobre cómo resolver las deficiencias identificadas durante la auditoría, sin embargo se debe garantizar que se preserve la independencia del auditor.

En la reunión final se aclaran cuestiones relacionadas con las recomendaciones emitidas y se mejoran los aspectos de seguridad del proyecto. La reunión final también constituye una buena oportunidad para complementar el entrenamiento de nuevos miembros en los equipos de auditores y para familiarizar a todos los participantes con el proceso de la Auditoría en Seguridad Carretera.

5.8 Seguimiento

En esta actividad se tiene por objetivo determinar si las recomendaciones de la auditoría deben ser implementadas y en que grado debe hacerse, y si se decide no implementarlas, exponer las razones por escrito que motivaron tal decisión.

Una vez que ha sido realizado el reporte escrito y recibido por el cliente y el proyectista, le corresponde a alguno de ellos (según el arreglo adoptado en los términos de referencia correspondiente) evaluarlo y proporcionar una respuesta escrita al mismo, detallando la acción a seguir para todas y cada una de las recomendaciones consignadas. El cliente o el proyectista, en algunos casos, pueden contratar a un experto independiente que les asesore en cómo responder a estas recomendaciones.

Para cada recomendación hecha por el auditor pueden seguirse dos cursos de acción:

- Aceptarla y diseñar una solución para corregir o reducir el problema de acuerdo con las sugerencias del reporte.
- Rechazarla. En este caso debe consignarse por escrito las razones que condujeron a esta decisión.

Para cada proyecto particular, las decisiones documentadas sobre las acciones a seguir deben ser acompañadas de la firma de alguna persona clave con la autoridad suficiente dentro del proyecto.

En el caso de existir serias controversias en relación con el diseño o con el reporte, estas deben ser resueltas sin comprometer la independencia del auditor. En este caso, el proyectista debe someterlas por escrito al cliente para que sea éste quien tome una decisión al respecto. La respuesta de este último también deberá ser presentada por escrito.

Si bien es cierto que las restricciones financieras y presupuestarias pueden influir en la aceptación, forma y tiempo de implementación de las recomendaciones, no le corresponde al auditor establecer el equilibrio de la seguridad vial con éstos u otros objetivos; esta responsabilidad recae en el cliente, o en su caso en el proyectista.

Si como resultado de la auditoría, se acuerda hacer cambios importantes al diseño, la realización de una nueva auditoría sobre el diseño revisado puede ser más apropiada que esperar hasta la aplicación de la Auditoría en Seguridad Carretera en la siguiente etapa del proyecto.

6 Conclusiones y Recomendaciones

Con todo lo antes expuesto, se espera que el proceso de auditoría permita, entre otras cosas:

- Reducir los costos totales de un camino durante toda su vida útil (p. ej. modificar un proyecto mal realizado resulta más caro una vez construida la obra que en la etapa de proyecto).
- Minimizar los riesgos de accidente sobre la red carretera (p. ej. identificar sitios en el entorno del camino que representen un alto riesgo al usuario).
- Insistir sobre la importancia y oportunidad que tiene la ingeniería en vías terrestres en la solución del problema de la inseguridad vial (p. ej. las medidas correctivas basadas en el diseño geométrico tienen un alto porcentaje de contribución a la solución del problema).

Por otra parte, para que una Auditoría en Seguridad Carretera tenga éxito dentro del proyecto conceptual de una organización, estará en función de estos 4 principios:

- 1 Del apoyo de las autoridades cuando se instale este tipo de mejora para la seguridad vial en el sector carretero.
- 2 De un auditor o un equipo de auditores sin liga alguna con la elaboración del proyecto y teniendo una buena experiencia en materia de análisis de accidentes de la carrera y los trabajos de mejoramiento vial. Esto incluye la necesidad de formar e integrar equipos multidisciplinarios con experiencia significativa en seguridad vial, mediante cursos de capacitación.
- 3 De la adopción de una metodología sistemática de aplicación, basada en un conjunto de listas de control, de tal manera que contengan documentación e información fidedigna sobre todos los elementos relacionados con la infraestructura, el entorno, los usos, el vehículo y el usuario y los principios directores sobre la Auditoría en Seguridad Carretera en México.
- 4 De un proceso organizacional convenido entre las partes involucradas.

También se recomienda que cualquier autoridad responsable de la seguridad carretera lleve a cabo las siguientes reglas al momento de instalar una Auditoría en Seguridad Carretera:

- 1 Imparcialidad del equipo auditor, independiente del organismo gestor o propietario de la infraestructura.
- 2 Compromiso de optimización de recursos entre los auditores y las autoridades, en el que prepondere el criterio de la seguridad.
- 3 Claridad en la asignación de responsabilidades, en el convencimiento de que el responsable último de la infraestructura seguirá siendo la administración gestora.

Todos estos aspectos son demasiado complejos como para intentar abordarlos con profundidad sin demasiado conocimiento del tema. Por lo tanto, los autores prefieren posponer el debate, en espera de que la idea madure un poco.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este primer documento, se recomienda se analice y se evalúe más detalladamente, en estudios posteriores, los siguientes aspectos:

- La formación de auditores. Como parte fundamental de este estudio se plantea la cuestión crítica, sobre la formación de auditores (p. ej. quién impartiría los cursos para la formación de auditores, quiénes serían los posibles auditores, etc.).
- Presentación de resultados. Una vez realizada una Auditoría en Seguridad Carretera, presentar los resultados del estudio y de esta manera tener la ocasión de difundir e intercambiar nuestras experiencias con otros países.

Referencias Bibliográficas

- Austroroads (1994): *“Road Safety Audit”*. Sydney, Australia.
- Belcher M. and Proctor S., (1994): *“The use of road safety audits in Great Britain”*. Traffic Engineering and Control 34 (2), pp 61-65. Londres, Inglaterra.
- Bulpitt, M. (1996): *“Safety Audits, An Overview”*. Institution of Civil Engineering, Paper 10616. Londres, Inglaterra.
- Department of Transport (1994): *“Road Safety Audits: Advice Note. HA 42/94”*. Londres, Inglaterra.
- Department of Transport (1994): *“Road Safety Audits Departamental Standard HD 19/94”*. Londres, Inglaterra.
- Dirección General de Carreteras (1993): Nota de servicio del programa de seguridad vial 1994. Ministerio de Fomento. Madrid, España.
- Federal Highway Administration (1997): *“FHWA Study Tour for Road Safety Audits. Final Report”*. Washington D.C., Estados Unidos.
- Highway Research Board (1962): *“Proposed Full-Scale Testing Procedures for Guardrails”*. Circular 435. Washington D.C., Estados Unidos.
- Highway Research Board (1964): *“Highway Guardrail: Determination of Need and Geometric Requirements”*. Special Report 81. Washington D.C., Estados Unidos.
- Highway Research Board (1968): *“Location, Selection and Maintenance of Median Barriers”*. NCHRP Report 54. Washington D.C., Estados Unidos.
- Institution of Highways and Transportation (1990): *“Guidelines for the Safety Audit of Highways”*. Londres, Inglaterra.
- Instituto Mexicano del Transporte (2001): *“Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales”*. Querétaro, México.
- International Road Federation (1999): *“World Road Statistics”*. Ginebra, Suiza.
- Jansen, T. et al. (1998): *“Intersafe. Guía técnica para el diseño de carreteras interurbanas”*. Asociación Española de la Carretera. Madrid, España.

Krammes, R. *et al* (1994): *“Horizontal Alignment Design Consistency for Rural Two-Lane Highways”*, FHWA-RD-94-034, Washington D.C., Estados Unidos.

Lamm, R *et al* (1988): *“Possible Design Procedure to Promote Design Consistency in Highway Geometric Design on Two-Lane Rural Roads”*, Transportation Research Record 1195, Washington D.C., Estados Unidos.

Levison, H. y Koepke F. (1994): *“Access management. Key to Mobility”*. First National Access Management Conference Proceedings. FHWA-PD-94-010. Federal Highway Administration. Washington, D.C. Estados Unidos.

Messer, C. *et al* (1981): *“Highway Geometric Design Consistency Related to Driver Expectancy”* FHWA-RD-81-037, Washington D.C., Estados Unidos.

Northamptonshire County Council (1992): *“Highway Safety Audit”*. Northampton County Council, Planning and Transportation. Reino Unido.

SETRA (1992): *“Sécurité des routes et des rues”*. Centre d'études techniques des routes et autoroutes. París, Francia.

Roads and Traffic Authority of New South Wales (1991): *“Road Safety Audits”*. Sydney, Australia.

Schelling A. (1996): *“Road Safety Audit., The Danish Experience”*. Proceedings of the Conference Road Safety in Europe and Strategic Highway Research Program (SHRP). Praga, Checoslovaquia.

Valdés, A. *et al*. (1997): *“Auditorías de Seguridad Vial. XIV Symposium Nacional de Vías y Obras de Administración Local”*. Asociación Española de la Carretera. Madrid, España.

REPORTE DE AUDITORIA EN SEGURIDAD CARRETERA

PROYECTO: _____

ETAPA: _____

1 Introducción

1.1 Auditor y proceso de auditoría

El presente reporte se deriva de la aplicación del proceso de ASC al proyecto _____ ubicado en _____.

La ASC fue realizada por:

- _____ (Nombre, especialidades, posición, organización)
- _____ (Nombre, especialidades, posición, organización)
- _____ (Nombre, especialidades, posición, organización)

Adicionalmente, participaron como observadores en entrenamiento:

- _____ (Nombre, especialidades, posición, organización)
- _____ (Nombre, especialidades, posición, organización)

La ASC fue realizada los días ____, ____ y ____ de _____ de ____ en las oficinas _____ y se realizó una visita de campo al sitio y secciones adyacentes el día ____ de _____ de _____. La revisión en gabinete comprendió la examinación de los documentos listados en el Anexo 1 (proporcionados por _____).

La auditoría se realizó conforme a los procedimientos especificados en el documento _____.

1.2 Descripción del proyecto y el sitio

El proyecto propuesto consiste en _____

_____.

1.3 Jerarquía de las recomendaciones

A las recomendaciones hechas al proyecto se les ha asignado las siguientes categorías:

- “_____”. Que significa _____.
- “_____”. Que significa _____.

Las categorías señaladas no son mutuamente exclusivas. El que algunos problemas y recomendaciones no están etiquetados bajo estas categorías no significa que no sean importantes, simplemente no están jerarquizados.

2 Aspectos identificados en etapas anteriores

En las etapas ____ (_____) y ____ (_____) se identificaron los siguientes problemas que hasta la fecha permanecen sin resolver:

- _____ (Comentarios)
- _____ (Comentarios)
- _____ (Comentarios)

3 Problemas identificados y recomendaciones

3.1. _____.

3.1.1. _____

_____.

Recomendaciones:

(I) _____

_____.

(II) _____

_____.

3.X _____.

3.X.X _____.

_____.

Recomendaciones:

(III) _____

(IV) _____

_____.

4 Conclusiones

En este reporte se han consignado los problemas identificados y sus recomendaciones correspondientes del proyecto _____, derivados de la revisión de los documentos listados en el Anexo 1 y la(s) visita(s) de campo realizadas.

(Nombre) Auditor.

(fecha)

_____ (lugar) ___ de _____ de ____.

**CIUDAD DE MEXICO**

Av. Patriotismo 683
Col. Mixcoac
03730, México, D. F.
Tel (55) 56 15 35 75
55 98 52 18
Fax (55) 55 98 64 57

SANFANDILA

Km. 12+000, Carretera
Querétaro-Galindo
76700, Sanfandila, Qro.
Tel (442) 2 16 97 77
2 16 96 46
Fax (442) 2 16 96 71

Internet: <http://www.imt.mx>
publicaciones@imt.mx