



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR-MATRIZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TRANSPORTES

AUTOR: ING. LUIS JAVIER GUERRERO MOYANO

**“PROPUESTA DE UN MANUAL PARA REALIZAR
AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL EN EL ECUADOR”**

DIRECTOR: MÁSTER FREDI PAREDES VÁSQUEZ.

QUITO, SEPTIEMBRE 2014.

La presente Tesis de Grado ha sido realizada enteramente por el señor: **Ing. Luis Javier Guerrero Moyano**, bajo la Dirección del **Ing. Fredi Paredes Vásquez** y revisada por el **Ing. Gustavo Yáñez** y el **Ing. Diego Egas**, quienes dejan constancia de lo antes indicado.

Ing. Fredi Paredes Vásquez
DIRECTOR

Ing. Gustavo Yáñez
REVISOR

Ing. Diego Egas
REVISOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	vi
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL	
1.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS DE AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL.....	1
1.1.1 Definición de Auditoría de Seguridad Vial (ASV).....	1
1.1.2 Proyectos en los que se Puede Realizar una ASV.....	2
1.1.3 Tiempo Adecuado para Auditar una Vía	3
1.1.3.1 Etapa de Pre factibilidad y Diseño Preliminar	5
1.1.3.2 Diseño Detallado	6
1.1.3.3 Fase de Construcción.....	6
1.1.3.4 Fase de Preapertura.....	6
1.1.4 Auditorías en Fase de Operación (Caminos Existentes)	7
1.1.5 Ventajas de Realizar una ASV a Caminos Existentes	9
1.1.6 Costos y Beneficios de Realizar ASV.....	11
1.1.7 El Equipo Auditor	14
1.2 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR ASV A CAMINOS EXISTENTES.....	18
1.2.1 Definir la Vía a Auditar	19
1.2.2 Definir al Equipo Auditor.	20
1.2.3 Realizar una Reunión Previa	20
1.2.4 Evaluar la Información Obtenida	21
1.2.5 Visita de Campo.....	22
1.2.6 Realizar el Informe ASV.....	24
1.2.7 Realizar una Reunión Final.....	27
1.2.8 Informe de Respuesta Formal.....	27
1.2.9 Implementación de las Recomendaciones	29
1.3 FORMULARIO DE VERIFICACIÓN.....	29
1.3.1 Procedimiento para Utilizar los Formularios de Verificación	31
1.3.2 Formularios de Verificación Tipo.....	31

CAPÍTULO II

AUDITORÍA DE SEGURIDAD DEL ESTADO DE LA VÍA

2.1 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA	32
2.2 DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI).....	39
2.3 ESTUDIO DE MICRO Y MACROTEXTURA DEL PAVIMENTO	43
2.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)	45

CAPÍTULO No. III

AUDITORÍA DE SEGURIDAD DEL DISEÑO VIAL

3.1 DETERMINACIÓN DE LOS RADIOS DE CURVATURA DE LAS VÍAS.....	47
3.1.1 Curvas Horizontales	48
3.1.2 Curvas Verticales.	50
3.1.3 Formas de Determinar el Radio de Curvatura de las Vías	52
3.2 DETERMINACIÓN DE LA CAUSA BASAL DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO	56
3.3 ENSAYOS DE RETROREFLECTIVIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN	59
3.4 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE MECANISMOS DE SEGURIDAD.....	60
3.5 APLICACIÓN DEL MANUAL AL CASO DE ESTUDIO ESPECÍFICO	67

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones	68
4.2 Recomendaciones.....	70

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA	71
--------------------	----

ANEXOS:

ANEXO A. FORMULARIOS DE VERIFICACIÓN TIPO.	73
ANEXO B. INFORME TIPO PARA AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL	83

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Etapas de Construcción de una Vía Para Realizar una ASV	5
<i>Figura 2.</i> Características del Equipo Auditor	14
<i>Figura 3.</i> Procedimiento para Realizar ASV.....	18
<i>Figura 4.</i> Factores que Influyen en la Ocurrencia de Accidentes de Tránsito.....	33
<i>Figura 5.</i> Curva Fricción Vs. Velocidad de Deslizamiento	42
<i>Figura 6.</i> Curva de Referencia Verdadera Fricción Vs. Velocidad de Deslizamiento	43
<i>Figura 7.</i> Tamaños de Micro y Macrotextura.....	44
<i>Figura 8.</i> Representación de “El Cuarto Carro”.....	46
<i>Figura 9.</i> Medición con Cinta Métrica.....	53
<i>Figura 10.</i> Cálculo Geométrico de Radio de Curvatura.....	55
<i>Figura 11.</i> Representación Gráfica de Retroreflectividad.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Valores para Determinación IFI	41
<i>Tabla 2.</i> Equipos de Medida de Fricción	43
<i>Tabla 3.</i> Equipos para medir Texturas	44
<i>Tabla 4.</i> Dimensiones Permitidas de Micro y Macrotextura	45
<i>Tabla 5.</i> Valores para Determinación IRI	46

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1.</i> Bache de 7 centímetros, sector de Zámiza	35
<i>Fotografía 2.</i> Parche colocado en bache, sector de Zámiza	35
<i>Fotografía 3.</i> Empozamiento en vía Aloag-Sto. Domingo	36
<i>Fotografía 4.</i> Empozamiento Sur de Guayaquil	36
<i>Fotografía 5.</i> Ahuellamiento producido por BRT. Calle Tarqui-Quito.....	38
<i>Fotografía 6.</i> Imagen Transversal Ahuellamiento. Calle Tarqui-Quito	38
<i>Fotografía 7.</i> Residuo de Hormigón en vía de alto tráfico.	39
<i>Fotografía 8.</i> Rocas sueltas sobre la vía Quito-Papallacta	39
<i>Fotografía 9.</i> Asfalto regado en la vía. Av. Interocéánica.....	39
<i>Fotografía 10.</i> Vegetación que cuelga en espacio de circulación vehicular.....	39
<i>Fotografía 11.</i> Consecución de curvas horizontales derecha e izquierda.....	49
<i>Fotografía 12.</i> Pendiente Ascendente. Av. interoceánica.....	50
<i>Fotografía 13.</i> Pendiente Ascendente. Av. interoceánica.....	50
<i>Fotografía 14.</i> Pendiente Descendente. Av. interoceánica.	51
<i>Fotografía 15.</i> Pendiente Descendente. Av. interoceánica.	51
<i>Fotografía 16.</i> Cambio de Peralte. Av. interoceánica.....	51
<i>Fotografía 17.</i> Curva Vertical y vegetación Impiden que los conductores puedan identificar a los peatones. Av. Interocéánica.....	52
<i>Fotografía 18.</i> Delineadores de curva. Vía a Tababela.....	61
<i>Fotografía 19.</i> Delineadores de carriles. Parque la Carolina.....	61
<i>Fotografía 20.</i> Barrera de seguridad. Vía Zámiza.	62
<i>Fotografía 21.</i> Barrera de seguridad Impactada. Vía Zámiza.....	62
<i>Fotografía 22.</i> Amortiguador de impacto. Av. Simón Bolívar.....	63
<i>Fotografía 23.</i> Recomendación de colocar Barrera de seguridad. Vía Zámiza.	63
<i>Fotografía 24.</i> Parterre Central. Av. Simón Bolívar.....	63
<i>Fotografía 25.</i> Parterre Central. Vía a Tababela.	63
<i>Fotografía 26.</i> Isla de Tránsito. Vía a Tababela.	64
<i>Fotografía 27.</i> Peatón utilizando Isla de Tránsito. Vía a Tababela..	64
<i>Fotografía 28.</i> Berma Utilizada por autos descompuestos. Vía a Tababela.....	64
<i>Fotografía 29.</i> Berma Utilizada por ciclistas. Vía Av. Simón Bolívar.....	64
<i>Fotografía 30.</i> Borde Alertador.	65
<i>Fotografía 31.</i> Borde Alertador.	65
<i>Fotografía 32.</i> Tacha color amarillo en buen estado. Av. simón Bolívar.....	66
<i>Fotografía 33.</i> Tacha color blanco en mal estado. Av. simón Bolívar.....	66
<i>Fotografía 34.</i> Postes de luz colocados sobre parterre. Vía a Tababela.	66

<i>Fotografía 35.</i> Iluminación Nocturna. Postes de señalización, semáforos y tachas	66
<i>Fotografía 36.</i> Vallas Peatonales. C.C. Quicentro Shopping.....	67
<i>Fotografía 37.</i> Vallas Peatonales. C.C. Quicentro Shopping.....	67

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL

1.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS DE AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL.

1.1.1 Definición de Auditoría de Seguridad Vial (ASV).

Existen varias instituciones y organismos que han elaborado sus definiciones de lo que es una auditoría de seguridad vial y podemos citar las siguientes como las que mejor describen este estudio:

- Una de las definiciones más aceptadas a nivel internacional es la formulada por la Asociación de Transporte Vial y Autoridades de Tránsito de Australia y Nueva Zelanda la misma que establece que “Una Auditoría de Seguridad Vial es un examen formal de un proyecto vial, o de tránsito, existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre una vía, en donde un equipo de profesionales calificado e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de la seguridad vial” (AUSTROADS, 2002).
- Una ASV es un examen formal del comportamiento a la seguridad de un camino o intersección existente o futura por parte de un equipo auditor independiente. Estima e informa cualitativamente respecto de potenciales problemas de seguridad e identifica las oportunidades para mejorar la seguridad de todos los usuarios viales. (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, página No. 01)
- “Es un examen formal de un camino existente o futuro, o de un proyecto de tráfico, o de cualquier proyecto, que actúa recíprocamente con los usuarios de la infraestructura vial, independientemente de los

puntos de vista del examinador, calificando el potencial de accidentalidad del proyecto y la seguridad de la operación” (AUSTROADS, 1994).

Las definiciones anteriormente descritas coinciden en que una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) consiste en un examen Formal, que puede ser realizado en cualquier etapa de diseño o construcción de un proyecto vial nuevo o existente, el cual debe ser realizado por un equipo independiente (es decir que no tengan interés alguno en parcializar la auditoría) y multidisciplinario; lo que se busca es establecer las potenciales causas de accidentabilidad para prevenirlas proactivamente, conformando vías más seguras para todos sus posibles usuarios.

Las ASV buscan la seguridad de todos quienes pueden hacer uso de las vías sobre todo de los grupo humanos más vulnerables como son niños, ancianos, personas con capacidades especiales, etc., lo que se busca es privilegiar sobre cualquier otro objetivo a la seguridad de las personas, incluso por encima de la movilidad o cualquier otro tema de interés ciudadano; evitar la ocurrencia de accidentes de tránsito y en caso de que se susciten reducir los daños causados en ellos; previniendo la pérdida de vidas humanas y disminuyendo las lesiones en caso de personas heridas.

Es importante destacar que la ASV no es un estudio de accidentes de tránsito, aunque estos datos pueden llegar a ser útiles para analizar la accidentabilidad, no es el fin mismo de las ASV; tampoco es una crítica al diseño vial o al cumplimiento de las normas, ni es un análisis comparativo entre proyectos; se trata de un estudio que busca establecer potenciales problemas de seguridad para darles soluciones preventivas.

1.1.2 Proyectos en los que se Puede Realizar Una ASV.

Las ASV, pueden ser realizadas a cualquier tipo de proyecto vial sea este nuevo o existente; no es importante si se trata de una vía de primer, segundo o tercer orden, si es una vía en zona urbana o rural, sino más bien de la

importancia de uso que esta tenga o de la prioridad que se le puede adjudicar debido a circunstancias particulares; lo categórico es el peligro que pudiera estar oculto y ser inadvertido para los usuarios de la vía independientemente de la magnitud o importancia que pudiera representar un proyecto; sin embargo existen una serie de factores (sobre todo el financiero) que es el que determina que vías auditar, por ejemplo algunos puede preferir auditar los principales proyectos viales de una ciudad, mientras que otros pueden determinar que basta con una muestra.

“Al decidir que proyectos deberían auditarse antes que otros, un factor decisivo debería ser la adjudicación efectiva de los recursos” (AUSTROADS, página No. 12).

Se pueden auditar las vías de acuerdo a su capacidad, de acuerdo a la influencia del sector en donde recorre, de acuerdo al uso que se le esté dando al suelo aledaño, por ejemplo un sector en particular pudo haber tomado gran desarrollo inmobiliario o industrial, o si se trata de un punto de encuentro importante cuyo volumen de tráfico ha aumentado de manera considerable debido a algún tipo de actividad que anteriormente no existía (por ejemplo la sede UNASUR en la Mitad del Mundo).

Las ASV también abarcan proyectos de ampliación o remodelación vial, mantenimiento de vías, proyectos para ciclistas, peatones, intersecciones en redondeles o semaforizadas, etc., es decir las ASV no tienen límite en el tipo de vías; los proyectos pueden variar en distintos factores, ubicación geográfica, tamaño, volumen vehicular etc., sin embargo todos pueden ser auditados.

1.1.3 Tiempo Adecuado Para Auditar Una Vía

Las ASV pueden ser realizadas en cualquiera de las etapas de diseño o construcción de un proyecto vial nuevo, existente o que entre en un proceso de mantenimiento o ampliación, pero debido a que las ASV buscan actuar de

manera proactiva, es decir adelantarse a la ocurrencia de accidentes, se recomienda que las vías sean auditadas en todas sus etapas.

Sin embargo entre más temprano los proyectos sean auditados, más temprano se van a detectar los problemas de seguridad vial existentes o que se podrían presentar; entonces aplicar la solución a ellos sería mucho más fácil, rápida y sobre todo menos costosa; es decir si auditamos, en la etapa de pre factibilidad por ejemplo, y encontramos problemas de seguridad la solución se limitaría a volver a diseñar la vía o añadir elementos que disuadan el peligro o lo que fuese necesario; sin embargo si al auditar un camino existente encontramos problemas la solución de éstos ya no se limitan a añadir o diseñar una línea en el plano, sino que esa línea se convierte en algo existente cuyo costo de mejoras es por mucho más alto, requerirá además tiempo para poder resolverlo y las dificultades de ejecución sin duda serán mayores también.

Como se mencionó anteriormente las ASV pueden realizarse a cualquier tipo de camino o vía y en cualquier de sus fases; aunque el objetivo de este manual es establecer la metodología para realizar Auditorías de Seguridad Vial a los Caminos Existentes se va a explicar brevemente en que consisten las ASV aplicadas a las diferentes fases de un proyecto vial desde su diseño en planos hasta que se encuentra construida y al servicio del público.

Para describir las fases de un proyecto vial vamos a tomar como base los datos de los estudios realizados por profesionales de los países de Chile y Colombia, ya que son los que mejor se ajustan a la realidad de nuestro país.

A continuación me permito describir las diferentes fases de construcción de una vía en las que se puede realizar una ASV:



*Figura 1. Etapas de Construcción de una Vía para realizar una ASV
Elaboración: Propia*

1.1.3.1 Etapa Pre Factibilidad Y Diseño Preliminar.

En esta etapa las ASV se refieren al análisis del esquema de la vía como tal, es decir su ruta, velocidades máximas, analizar los diferentes conceptos escogidos como las rotondas (redondeles), tipos de intersecciones, carriles exclusivos etc.; se debe analizar el impacto que tiene con la comunidad, como afecta al suelo adyacente, como influye en la red vial existente y en proyectos cercanos futuros; es importante saber cual es la interacción con respecto a las formas de servicio de transporte público, sus terminales, infraestructura dirigida a otros usuarios (peatones, ciclistas, etc.), entre varios puntos más.

Es fundamental saber cual es la interacción entre todos los posibles usuarios de la vía, es decir conductores, pasajeros, peatones, ciclistas, personas con capacidades diferentes, grupos vulnerables etc.

Las ASV en esta etapa pueden llegar a concluir con soluciones a problemas de gran magnitud que pudieron haber estado escondidos por el diseño vial, éstas soluciones son prontas y altamente rentables debido al bajo costo que representa su corrección; es importante destacar que si encontramos criterios de seguridad vial incorrectos, los podemos corregir fácilmente pero si no realizamos las ASV éstos mismos problemas en etapas posteriores pueden llegar a ser casi imposibles de solucionar.

1.1.3.2 Diseño Detallado.

Tiene que ver con el estudio de los planos con los que se va a construir la vía, el detalle de las curvas horizontales, verticales, señalización sobre la calzada, tipo de iluminación, sistema de contención vehicular, modelos de transporte entre otros y cual es la interacción que existe con los usuarios de la vía.

Esta auditoría se la realiza antes de la legalización de los documentos para licitar la obra y antes de la finalización de la adquisición de tierras. Es importante destacar que en esta auditoría aún se puede realizar cambios de diseño antes que empiece la construcción de la misma.

1.1.3.3 Fase De Construcción.

Las ASV en esta etapa deben verificar, a medida que la obra va avanzando, que aquello que se está construyendo sea adecuado desde el punto de vista de seguridad vial. Si además se utilizaron desvíos vehiculares estos también deben ser auditados y estos deben ser la continuidad de la vía principal y de igual forma la señalización debe estar acorde a la lógica de la señalización final de toda la obra.

1.1.3.4 Fase De Preapertura.

Es esta etapa la ASV consiste en realizar un recorrido de toda la vía, la misma que ya se encuentra construida pero aun no se ha abierto al uso público, con el fin de inspeccionarla y encontrar problemas de seguridad que en las

anteriores etapas no eran notorias, verificando además que se cumpla con las necesidades de seguridad para los usuarios.

Se recomienda que se realicen varios recorridos, tanto en horarios diurnos como nocturno y de ser posible en las condiciones climáticas y atmosféricas más adversas posibles.

1.1.4 Auditorías en Fase de Operación (Caminos Existentes).

Este tipo de auditorías es el objetivo específico de este trabajo de investigación por lo que vamos a desarrollarlo más sesudamente.

Las ASV en caminos existentes revisten su importancia en la verificación in situ de las características viales, determinar que cambios ha sufrido la vía (debido al aumento de flujo, al uso de suelo aledaño etc.) y si estos cambios se han canalizado de tal forma que no afecten a la seguridad vial o en que medida si lo han hecho. Ayuda a determinar los problemas que se deriven de un mantenimiento inadecuado, estableciendo las normas para que la vía sea intervenida y minimice la probabilidad de accidentes. La investigación de los accidentes de tránsito puede ser parte de una ASV pero no es una ASV en si misma, la determinación de la Causa Basal de los accidentes de tránsito y otros datos adicionales (señalización, mueblería vial, diseño geométrico etc.), pueden ser información fundamental para poder tomar las medidas correctivas más oportunas y tratar eficientemente a los lugares de mayor incidencia de accidentes. Las ASV a caminos existentes tienen como finalidad mejorar el nivel de seguridad vial para todos quienes pudieran ser usuarios de un vía específica.

Como ya hemos hablado antes, una ASV puede ser realizada en cualquier etapa de un proyecto vial y de cualquier magnitud, que puede variar desde un tramo pequeño o ruta específica hasta la auditoría de toda una red vial. Cuando los caminos ya se han abierto al público también se puede realizar una auditoría que va a evaluar la eficiencia de las medidas de mitigación que se aplicaron en las fases anteriores y si no hubo una auditoría anterior ésta

servirá para determinar cuales son los problemas de seguridad mediante la observación del comportamiento e interacción de los conductores y demás usuarios con la vía.

El comportamiento de los usuarios, como operarios de la vía, nos mostrará una visión amplia de las características de seguridad vial, como son los elementos estructurales y mobiliario de seguridad vial que se implementaron, la señalización, el flujo vehicular, etc., analizados desde diversas condiciones climáticas y en diferentes horarios. Si se trata de vías ya con un tiempo de vida considerable también se cuentan con los reportes y estadísticas de la accidentabilidad y el estudio de los llamados “puntos negros”, los cuales, sin ser el objetivo primario de una ASV, nos pueden proveer de información valiosa para evitarlos.

Con respecto a los datos y estadísticas de accidentes de tránsito es importante destacar que, si bien es cierto, nos ayudan a determinar la causa basal de los accidentes, este estudio es realizado una vez que ya ha ocurrido un accidente, es decir es reactivo; pero el objetivo de las ASV es ser proactivo es decir que evalúa la oportunidad de futuros accidentes y toma medidas para evitarlos o, en el peor de los casos, que la gravedad de ellos sea menor; para esto las ASV deben basarse en el estudio de toda la información que gira alrededor de un diseño vial (planos, dibujos, informes anteriores, etc.) y en recorridos de la vía en los diversos tipos de condiciones. Algunos textos recomiendan que la información de la accidentabilidad se analice luego de realizar el recorrido por la vía y establecer sus falencias con el objetivo de evitar que éstos datos predispongan a los miembros del equipo auditor y desvíen la atención de otros peligros importantes y que no sean de fácil percepción.

La FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION de los EUA, nos habla que en caminos existentes principalmente son tres los tipo de ASV que se pueden realizar:

- “En lugares específicos.
- En una sección vial entera, sección de autopista o red vial.
- De una característica específica o elemento de diseño en una sección vial completa, sección de autopista o red vial.” (FHWA).

1.1.5 Ventajas de Realizar una ASV a Caminos Existente.

Cuando se realiza una ASV a un camino existente, sin duda es más fácil determinar cuáles son las falencias ya que se puede estudiar la verdadera interacción entre la vía, sus características, su equipo y todos sus usuarios (conductores, peatones, pasajeros, ciclistas, personas con capacidades especiales, grupos humanos vulnerables, etc.) Entonces esta auditoría nos puede ayudar a determinar puntos importantes como:

- Los inconvenientes que representan para cierto grupo de usuarios alguna característica o equipo con los cuales la vía cuenta.
- Al analizar el recorrido, las intersecciones y las señales de tránsito podemos observar si los usuarios acatan las disposiciones de seguridad que los semáforos, letreros y demás señales comunican.
- Con respecto al punto anterior podemos analizar si este tipo de señalética o infraestructura era verdaderamente necesaria en el ámbito de seguridad y de serlo se puede establecer algún proyecto o programa para mitigar la inobservancia de las señales:
 - ✓ Operativos de control de la Policía Nacional del Ecuador o agentes de tránsito.
 - ✓ Emisión de las boletas de sanción correspondientes.
 - ✓ Campañas de educación vial.
 - ✓ Concientizar a la ciudadanía de la gravedad y peligros de inobservar las leyes.

- Se puede observar daños en el mobiliario vial y urbano producto de alguna falencia de seguridad; marcas de huellas de neumáticos sobre la calzada, residuos de aceite o cristales, hundimientos de las barandas de seguridad etc., estas son novedades que deben ser resaltadas en el informe final de la auditoría y que sirven para:
 - ✓ Establecer un potencial problema de seguridad vial en ese punto.
 - ✓ Establecer un proyecto de mantenimiento del mobiliario vial y urbano.

- Luego de auditar la vía podemos saber si el estado actual cumple con el fin para el que fue construida o se puede establecer que una serie de factores (como el volumen vehicular, el uso de suelo aledaño, presencia de otros usuarios etc.), provocaron algún cambio.

AUSTROADS en su manual menciona que los siguientes son temas importantes para analizar:

- ✓ “Urbano: Iluminación de calles: incoherencias y ubicación de postes
Señales de dirección y nombre de calles: provisión y condición
Marcas viales: nivel de mantenimiento
Condición de la superficie (como tema de seguridad)
Intersecciones: visibilidad y controles – provisión y coherencia

- ✓ Rural: Barandas de defensa: provisión y tratamientos extremos
Separación a los peligros
Intersecciones: visibilidad y controles – provisión y coherencia
Alineamiento: provisión de advertencia en ubicaciones deficientes
Delineación: adecuación y condición.”
(AUSTROADS, pág. 73).

Esta revisión en los caminos existentes deben ser considerada y se la realizará con mayor detalle de acuerdo al objetivo de la auditoría.

1.1.6 Costos y Beneficios de Realizar ASV.

La experiencia obtenida de países en los que ya se han realizado las ASV, muestran que los beneficios están muy por encima de los costos económicos que representan realizarlas. Los costos son de carácter costo-efectivo, es decir que la cantidad de dinero que se invierte es mínima en comparación con los buenos resultados que se obtienen, lo que significa que se está poniendo en práctica la buena administración de los recursos.

AUSTROADS manifiesta que el costo de realizar una ASV va a representar aproximadamente del 4% del costo del diseño del camino y entre el 5% y 6% del costo de la implementación de las recomendaciones realizadas. Sin duda estos valores pueden llegar a ser mayores si el proyecto vial que se va a auditar es menor, por lo tanto el costo de las ASV va a depender de la magnitud o tamaño del proyecto vial y de la etapa en la que se va a realizar la auditoría; evidentemente para nuestro caso de estudio que son los Caminos Existentes, el costo de la ASV será mayor que si se las hubiera realizado en las etapas anteriores del proyecto y si en esas etapas anteriores no se realizaron auditorías, es decir que la auditoría al camino ya en funcionamiento es el primero que se va a realizar, el costo es aún mayor; sin embargo el aumento del monto económico que se invertiría es generalmente pequeño en comparación al monto estimado para el proyecto en total. Este valor aún puede ser menor dependiendo de la capacidad de los expertos involucrados en el equipo auditor.

De la misma bibliografía de AUSTROADS obtuvimos los siguientes datos de los resultados obtenidos al aplicar las recomendaciones de las ASV:

- El análisis de un rango de auditorías existentes indicó B/Cs de implementar las acciones propuestas entre 2.4:1 y 84:1.
- Las B/Cs de acciones individuales propuestas en auditorías existentes varió entre 0.003:1 460:1.
- Más del 78 % de todas las acciones propuestas tenía B/Cs > 1.0.
- Aproximadamente el 47 % de todas las acciones propuestas tenía B/Cs

> 5.0.

- Aproximadamente el 95 % de las acciones propuestas con costos menores que \$ 1,000 tenía B/Cs > 10.

De los resultados antes citados podemos concluir que incluso la ejecución de medidas mitigatorias de valores pequeños representan altos valores de retorno, lo que quiere decir que las auditorías de seguridad vial se pagan por si solas e incluso puede existir rentabilidad en su aplicación como por ejemplo en Dinamarca en donde su tasa de retorno fue del 46%, este valor resultó de analizar el costo del valor de los accidentes para el costo de realizar las auditorías.

A pesar de estar demostrado que el costo de realizar las ASV es mucho menor en relación con el costo total de un proyecto, el verdadero beneficio es más de carácter Cualitativo que Cuantitativo, es decir que “los beneficios de las ASV son sustanciales, pero no mesurables.” (FHWA, pág. 9). Sin embargo en cuanto más temprano se detecten los problemas de seguridad menos costoso resulta resolverlos o rectificarlos, es decir debemos adelantarnos con la auditoría para identificar sus potenciales problemas y resolverlos, y no esperar que se reporte problemas de seguridad u ocurran accidentes considerando que es difícil cuantificar cuál es el valor exacto de un accidente de tránsito, el costo de la pérdida de tiempo y productividad, pero sobre todo no se puede cuantificar el valor de una vida humana.

Del análisis de costo - beneficio que realizamos a la implementación de las ASV, podemos realizar las siguientes conclusiones: que en términos económicos, realizar las auditorías representa un costo muy pequeño en comparación de la construcción de una obra, e igualmente es pequeño cuando ya en caminos existentes, se logra determinar sus falencias y darles solución adelantándose a que ocurran los accidentes; e incluso estos proyectos pueden llegar a representar una tasa de retorno importante con respecto a su inversión. Sin embargo el verdadero valor de las auditorías es más cualitativo que cuantitativo por que obtendremos otro tipo de beneficios difíciles de evaluar en monto económico pero que sin duda son vitales para el

uso de esta vía y todo lo que puede representar (comercio, turismo, transporte, comodidad, desarrollo económico, etc.).

Podemos describir los siguientes beneficios de carácter cualitativo como los más relevantes:

- El costo que representan los accidentes de tránsito con sus consecuencias, siendo las más importantes las personas heridas o las que fallecen, disminuye ya que las vías son más seguras.
- Los usuarios viales al conocer de la seguridad de una vía se sienten con mayor tranquilidad al transitar por ciertas vías antes que escoger otras en las que conocen que suelen ocurrir problemas.
- Los costos de mantenimiento de las vías son cada vez menores cuando se realizan auditorías focalizadas en ciertos temas, por ejemplo es más rentable retirar vegetación de un sitio específico a tener que estar pendientes de su altura, cantidad de ramas, efectos visuales, etc.
- Otros beneficios tienen que ver con la nueva cultura de diseño vial que se va implementado en los constructores, quienes deben comprender la importancia de adelantarse a que ocurran los hechos, lo que provocará que las normas de diseño vayan evolucionando para mejor.
- Lo mismo ocurrirá con toda la normativa de seguridad la cual también irá mejorando en lo correspondiente a normas de mantenimiento, procesos constructivos, procesos de señalización, normas jurídicas, etc.
- Sin duda las ASV ayudan también dentro de la formación y difusión de una cultura de seguridad vial no solamente de quienes laboran en el aspecto técnico o tienen interés en ella, sino en la ciudadanía de manera general.

1.1. 7 El Equipo Auditor.

En las auditorías de seguridad vial para caminos existentes el equipo auditor debe estar conformado por un grupo de profesionales que les permitan conformar un equipo:



*Figura 2. Características del Equipo Auditor
Elaboración: Propia*

Independiente.- Los miembros del equipo auditor no deben tener ningún tipo de relación o interés personal con respecto a la obra a ejecutarse, con los proyectistas o interés de cualquier otra índole. Los auditores deben ser objetivos y neutrales en sus apreciaciones, es decir, sus conclusiones deben evidenciar la realidad de la vía sin dejar de lado ningún detalle encontrado; los auditores deben evitar que sus preferencias o sentimientos influyan al momento de establecer las observaciones en sus estudios.

Multidisciplinario.- El equipo de ASV es un equipo en el que se confluyen una serie de profesionales expertos en áreas técnicas de diseño y construcción, profesionales que analicen el comportamiento sociológico y antropológico humano, profesionales del derecho, representantes de la ciudadanía local, miembros de la Policía Nacional del servicio de tránsito y todos aquellos cuyos conocimientos o experiencia sean necesarios para determinar los problemas de seguridad de una vía dependiendo de la características que se vayan a auditar. Uno de los aspectos más relevantes de un equipo multidisciplinario es la cantidad de conocimientos que se pueden compartir entre todos los integrantes, la facilidad de comprensión y la confianza para aclarar dudas en un ambiente amigable, de esto vamos a

obtener un equipo de profesionales mejor entrenado y capacitado para realizar futuras ASV.

Conocimientos Técnicos Específicos.- Recordemos que el equipo es multidisciplinario, por lo tanto la capacitación con la que deben contar los profesionales que participen en las ASV debe abarcar una amplia gama de campos.

En el aspecto técnico los profesionales deben conocer acerca de:

- Diseño vial.
- Ingeniería en tránsito.
- Técnicas constructivas viales y de urbanismo.
- Seguridad y diseño vial.
- Conocimientos en técnicas y procedimientos de auditorías.
- Profesionales concededores de las ciencias sociales (sociología, antropología, estudio del comportamiento humano, análisis psicosociales, etc.)
- Profesionales del derecho.
- Un oficial de la Policía Nacional con conocimientos y experiencia en el servicio de Tránsito puede ser muy útil.
- Médicos Forenses.
- Psicólogos.
- Entre otros.

Los miembros del equipo que aporten con respecto al estudio del factor humano son fundamentales para comprender cuales son los motivos y el origen de la actitud de los usuarios de la vía, y del comportamiento interactivo que existe entre los diferentes grupos humanos y su constante interrelación con el medio ambiente que produce la práctica del transporte, estos datos nos pueden ayudar a establecer problemas de seguridad futuros.

Es importante también que todos los profesionales complementen su trabajo y conocimiento mediante el manejo y tabulación de datos, análisis de datos, estadística, etc.

Experiencia en ASV.- Es fundamental destacar que las auditorías basan su éxito en la experiencia de sus miembros, lo que los vuelve más expertos para poder identificar potenciales peligros que son imperceptibles para los auditores novatos. Tener claro el conocimiento teórico no es suficiente para realizar un buen trabajo, éste debe siempre estar interrelacionado con un claro panorama de lo que estamos buscando, “la ingeniería en seguridad debe aprenderse, ella no puede enseñarse” (Bulpitt, 1998).

Cuando no exista dentro de los profesionales alguno que deba conocer un tema específico, se puede contratar a algún otro profesional que cumpla con esa necesidad y aprovechar ese conocimiento capacitando al resto del grupo.

Es importante reconocer a aquellos profesionales que se encuentren capacitados en más de un aspecto y puedan aportar a las ASV, o a aquellos con mayor experiencia, estos miembros deben tener una valoración mayor.

Número Ideal de Miembros del Equipo Auditor y el Auditor Líder.- Existen criterios divididos con respecto al número ideal de profesionales que deben conformar los equipos de ASV; se debe tener claro que la conformación de un buen equipo auditor resulta de la suma de todas las capacidades, ya que cada una de ellas complementará el trabajo del resto de integrantes.

Algunos textos indican que un equipo debe estar conformado por al menos dos profesionales; otros hablan que el número ideal de profesionales debe ser no menos de dos ni más de cinco; además se debe considerar a un Auditor Líder. Sin embargo si el proyecto a auditar es grande es posible que se requiera de un número mayor de profesionales y en sentido contrario si el proyecto es pequeño es posible que con dos o tres profesionales sea suficiente, lo cierto es que no existe un número específico para determinar al equipo auditor, sino que mucho se debe al alcance del trabajo a realizar.

Lo recomendable es lograr ensamblar un equipo con el menor número de profesionales posible pero que la suma de todas sus capacidades, conocimientos y experiencia sea el óptimo para ejecutar la auditoría a realizar.

Dentro del equipo auditor debe existir un Auditor Líder el mismo que debe poseer conocimiento y experiencia en temas relacionados a la seguridad vial y a la aplicación de los procedimientos de auditorías, además debe ser capaz de manejar al equipo, comunicarse con ellos y con quienes tienen interés en realizar la auditoría, proporcionar directrices y verificar que se cumplan las metas de manera oportuna.

Lamentablemente en nuestro país son pocos los profesionales que han llevado a cabo ASV, por lo que no se cuenta con un gran número de personas con el perfil para cumplir la función de Auditor Líder, sin embargo se debe buscar a quienes mayormente cumplen con los requisitos antes descritos y con los que establecen aquellos países con más experiencia, por ejemplo el manual de Auditorías de Seguridad Vial de AUSTROADS, indica que un Auditor Líder debe cumplir con:

- Completado exitosamente un curso reconocido de entrenamiento de auditoría, de por lo menos dos días de duración.
- Por lo menos cinco años de experiencia en un relevante diseño vial, construcción de caminos o ingeniería de tránsito (esto es un mínimo y los líderes de equipo de auditorías de proyectos más complicados deberían tener significativamente más experiencia).
- Realizado por los menos cinco auditorías formales, incluyendo por los menos tres en etapas de diseño
- Mantenido su experiencia profesional actualizada mediante la participación en por los menos una auditoría por año.

1.2 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR ASV A CAMINOS EXISTENTES.

De manera general se pueden establecer los siguientes pasos para realizar las ASV A CAMINOS EXISTENTES, sin embargo se debe puntualizar que este no es un procedimiento rígido sino por el contrario puede ser amoldado a las necesidades del trabajo a realizar.

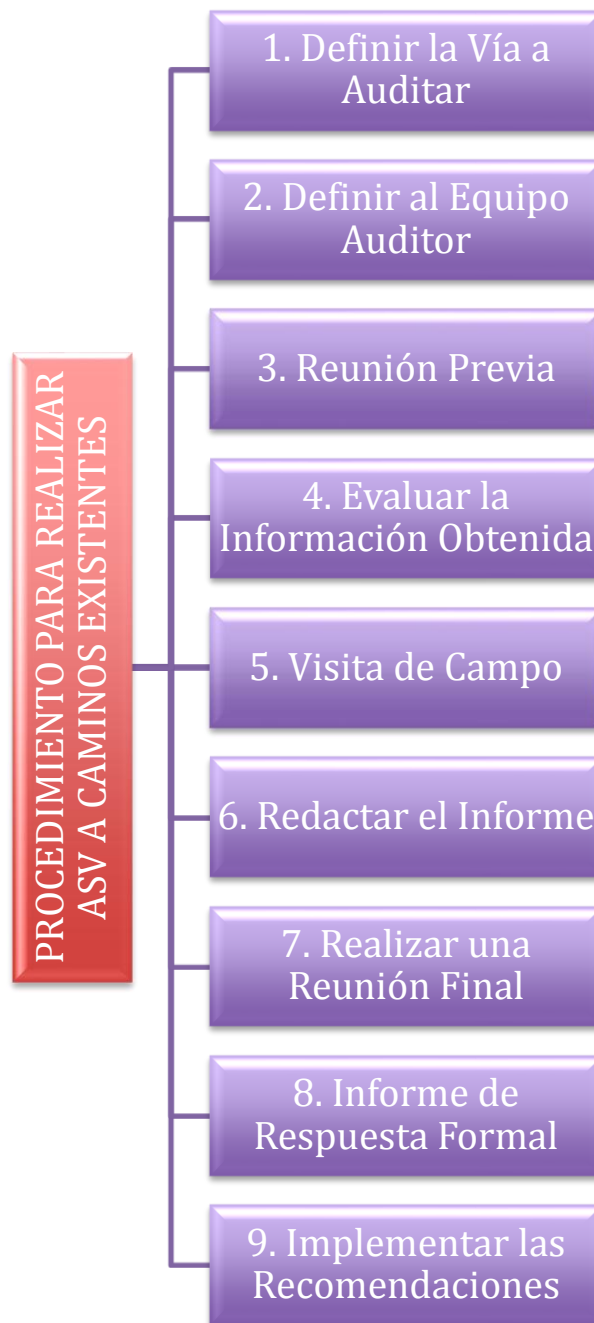


Figura 3. Procedimiento para realizar ASV
Elaboración: Propia.

1.2.1 Definir la Vía a Auditar.

En este paso conjuntamente con la persona o entidad interesada (contratante) se establecerá cual es la vía o el tramo de la vía que se desea auditar, esto dependerá de lo que busca el contratante.

Se debe establecer cual es el fin mismo de la auditoría, que es lo que se espera de realizarla; se deben establecer las políticas claras de cómo se efectuará el trabajo, los requerimientos que se necesitarán, la información que deben proveer los contratantes, etc.

El contratante o dueño del proyecto debe recopilar toda la información posible la cual debe concordar con el objetivo de realizar la auditoría a ese camino existente con el fin que el equipo evalúe con mayor precisión los problemas de seguridad.

La información se referirá a :

- Volúmenes de tránsito tanto de vehículos motorizados como no motorizados, de peatones, de ciclistas, etc.
- Antecedentes de accidentabilidad detallando su ubicación, gravedad, tiempo, etc., esta información debe ser de un espacio de tiempo considerable el cual generalmente puede ser de tres años de anterioridad.
- Planos, dibujos, cortes de secciones.
- Fotografías de los problemas de seguridad y, en caso de existir, de sus consecuencias.
- Informes existentes o estudios de seguridad anteriores.
- Información de agentes de policía de tránsito con respecto al comportamiento de los conductores, a la observancia de las señales y normas de tránsito, quejas o denuncias presentadas por los moradores, detalles de las construcciones aledañas.
- Características climatológicas y problemas de servicio.

- Normas utilizadas.
- Entre otras más.

Así mismo se debe establecer con claridad cual es el alcance de la auditoría, el cronograma, la definición del número de miembros del equipo auditor, el contenido del informe y aquellas otras cuestiones que se consideren de importancia de tratar en este punto.

1.2.2 Definir al Equipo Auditor.

El contratante o dueño del proyecto es el encargado de escoger al Auditor Líder y en conjunto seleccionar a los demás miembros del equipo auditor.

Para escogerlos deben basarse en los lineamientos y requisitos mínimos que anteriormente hablamos acerca de las características de quienes deben formar parte del equipo.

El equipo debe ser independiente, sin embargo si se desea involucrar a personas que son parte de la misma organización se lo puede realizar, siempre y cuando se haya verificado que no participaron en los diferentes procesos de diseño o construcción de la vía a auditar.

Es importante tomar en consideración como parte del equipo a un oficial de la Policía Nacional con experiencia y conocimiento en tránsito, debido a que se encuentran familiarizados con temas de seguridad, investigación de accidentes de tránsito, reconstrucción de eventos, mantenimiento del orden y como fuerza pública.

1.2.3. Realizar una Reunión Previa.

Para este paso es importante que toda la información ya se haya recopilado y entregado a los miembros del equipo de ASV.

Esta reunión sirve para que cada miembro del equipo auditor conozca

claramente cual es el alcance del trabajo y cual va a ser la función específica que cada uno va a cumplir; se establecerán los cronogramas y las maneras o formas en que se va a manejar la información existente y la que se va a generar, así como los mecanismos de comunicación entre el Auditor Líder y el dueño del proyecto y entre los mismo miembros del equipo.

De ser posible es ventajoso que aquellos que diseñaron el proyecto estén presentes, ya que se puede comenzar por saldar las primeras dudas tanto del equipo auditor como aquellas que los diseñadores tengan de su mismo proyecto, debido a que puede existir un tema específico que deseen sea estudiado.

1.2.4. Evaluar la Información Obtenida.

Este paso debe ser realizado antes y después de las visitas de campo, es decir se debe analizar la información que fue entregada por el dueño del proyecto con el fin de tener una primera idea de cual es el comportamiento de la vía y su nivel de seguridad, establecer potenciales problemas de seguridad y en la visita de campo analizarlos con más detalle. Se recomienda que la información sea realizada en primera instancia de manera individual y luego en grupo, además las primeras dudas pueden ya ser saldadas con quienes diseñaron la vía o con el contratista.

Es importante que el auditor asuma el papel de diferentes usuarios de esa vía por ejemplo conductores de vehículos pequeños, conductores de vehículos de carga, peatones, ciclistas, personas con capacidades especiales, etc., analizando como el camino se les presenta a cada uno de ellos, para esto se puede analizar la vía tanto de ida como de vuelta, como se comportan las intersecciones, redondeles, etc., y como actúa cada uno de los usuarios.

Las cuestiones de tipo estético no son materia de análisis o de estudio salvo el caso en que puedan constituirse en un problema de seguridad, caso contrario no deben ser consideradas.

1.2.5. Visita de Campo.

Este es un paso obligatorio y que deben realizar absolutamente todos los miembros del equipo de ASV no puede ser delegado; se pueden tomar fotografías o videos de lo que se observa en la vía pero estos solamente servirán como un dato más dentro del estudio nunca van a poder suplantar la visita de campo. El equipo ASV puede revisar el campo de manera individual tomando sus observaciones, luego se lo realizará en equipo discutiendo los problemas antes encontrados, esto provoca ahorro en el tiempo de ejecución de la visita debido a que los auditores menos expertos en un tema no demoran a los más experimentados en levantar su información, la cual luego es discutida y compartida.

Es importante analizar todos los movimientos que pudieran realizar los usuarios de la vía por ejemplo los giros derechos, pero sobre todo los izquierdos que son los que podrían traer complicaciones para luego de girar tomar un carril. Si existen distribuidores de tráfico se debe estudiar sus diferentes carriles y como se unen a la red vial considerando cuales son utilizados para desacelerar o realizar paradas.

Se debe analizar los caminos existentes en horas durante el día y durante la noche, ya que los tramos de las vías se comportan diferente, algunos aspectos no son perceptibles sin la luz del día. La retroreflectividad de las señales de tránsito, el diseño geométrico o los muebles de seguridad instalados pueden no ser seguros en horas de la noche o bajo condiciones climáticas adversas, es por ello que se recomienda recorrer la vía que se auditada en las peores condiciones climatológicas posibles.

Debemos interiorizarnos en el papel de los diferentes usuarios viales, es decir que si existen ciclovías, debemos recorrerlas en bicicletas, los tramos designado para los peatones debemos caminarlas y analizar su relación en el punto en donde se conectan con el flujo de vehículos motorizados. Por otro lado las personas de grupos vulnerables deben ser objeto particular de estudio, ya que debido a sus características (corta estatura, caminar lento,

poca atención, pocos reflejos, dificultad de realizar movimientos, etc.) pueden no ser observados por los conductores o pueden tener problemas con los bordillos, aceras, la diferencia de alturas en el recorrido de una vía, etc. Y si se trata de conductores de avanzada edad pueden tener problemas para reconocer señales en malas condiciones o no estar conscientes de las circunstancias de tráfico de ese instante.

Se debe analizar las condiciones para vehículos de carga, estos son más grandes y largos por lo que necesitan puntos de estacionamiento adecuado y radios de giro también adecuados. Los ciclistas y los usuarios de motos en cambio están más sujetos a las condiciones de la superficie de la vía y del pavimento, por ejemplo los baches, los sumideros de agua, el mobiliario de seguridad, la vegetación, etc.

El estudio del comportamiento de los usuarios viales en horas pico es fundamental por lo que es importante hacer una visita en estas horas, con ello observamos el camino y su interacción con los usuarios en condiciones de alto tráfico. E igual de importante es recorrer la vía en condiciones de tráfico de baja densidad. Es importante también analizar la interacción que existe entre la vía auditada y su entorno, es decir entre los terrenos aledaños y su uso actual o futuro, ya que es posible que la una provoque problemas de seguridad a la otra por lo que se puede recomendar un mejor enlace entre las diversas vías.

Los miembros del equipo ASV pueden revisar sus apuntes en el momento que deseen.

NOTA: Es importante que en la visita a campo se tomen todas las medidas de seguridad necesarias para los miembros del equipo auditor, es decir que se utilice la ropa adecuada, chalecos reflectivos y de ser posible un emblema que los distinga. Debe considerarse el tránsito y establecer medidas como desvíos vehiculares, seguridad provista por la Policía Nacional o por los agentes de tránsito, etc., que los proteja de eventuales accidentes.

1.2.6. Redactar el Informe de ASV.

Todo el trabajo realizado en una ASV, debe ser escrito en un informe, el cual debe ser una redacción prolija y sucinta de los temas de seguridad acordados anteriormente y que luego de su estudio evidenciaron novedades, además se debe presentar las posibles soluciones las cuales no pueden ni deben especificar una determinada acción a tomar, sino que más bien deben describir el problema y direccionarlo a una solución; esto se debe a que al especificar una determinada solución estamos limitando el campo de acción de las personas que deben tomar esas medidas. Los auditores no conocen las prioridades o el alcance técnico que el contratante tenga por lo tanto es probable que el contratante con su equipo encuentren más de una solución eficiente para un mismo problema y quizá menos costosa.

El informe lo que debe hacer es identificar los problemas y categorizarlos de acuerdo a su importancia o urgencia y proveer de todas las características e información recopiladas para que el dueño del proyecto pueda con mayor facilidad implementar la solución.

De manera general un informe de ASV debe contener lo siguiente:

a. Encabezado del Informe:

- Nombre del Proyecto.
- Etapa del Proyecto.
- Alcance de la Auditoría.
- Ubicación y Fecha de la Auditoría.
- Nombres de los integrantes del Equipo Auditor.
- Acreditaciones de los miembros del Equipo Auditor.
- Nombre del cliente, o de la persona o entidad contratante.

b. Antecedentes:

- Resumen del proyecto
- Información provista por parte del contratante.

- Documentos que dispone o autorizan se realice la ASV.
- Documentos utilizados a lo largo de toda la auditoría.
- Mapa de localización del proyecto, este debe detallar el alcance de la auditoría y también debe identificar las recomendaciones.

c. Resultados Encontrados:

- Detalle de los problemas de seguridad encontrados seguidos de la recomendación pertinente. No existe un orden específico para detallar los hallazgos encontrados, sin embargo este orden debe enmarcarse en ser lo más útiles posibles al equipo o a los objetivos de la auditoría. (Pueden utilizar orden cronológico, ordenarlos según su importancia, según su ubicación geográfica, etc.)
- Listar las observaciones que se presentaron en las listas de verificación o chequeo.
- Si existen algunos problemas de seguridad que son comunes en varias fases de la auditoría se puede comenzar por realizar al inicio de este paso “c” una descripción general de ellas explicando su importancia y su alcance.
- Si existen datos de auditorías anteriores se puede detallar cuales fueron sus recomendaciones y de que manera éstas fueron aplicadas o si nunca se las aplicaron.

d. Conclusiones:

- Describir todo aquello que sea relevante y que se obtuvo a lo largo de la ASV.

e. Declaración Formal y Firmas de Responsabilidad:

- Se trata de un detalle de todos los trabajos realizados, considerando el estudio que se hizo a la información proporcionada, a los documentos relacionados, el estudio en campo y de las recomendaciones planteadas.
- Firmas de responsabilidad de todos los miembros del equipo auditor.

f. Anexos:

- Fotografías, videos y todo aquello que se debe anexar al informe para una mejor ilustración del trabajo realizado.
- Los Formularios de Verificación, de las que hablaremos en el siguiente sub capítulo, no deben ir anexadas al informe. Las listas son solamente referenciales y sirven de ayuda para no olvidar ciertos detalles importantes, el informe debe ser lo suficientemente completo y sucinto como para no anexar las listas de chequeo.

El Auditor es un profesional que conoce ampliamente de los temas de seguridad sin embargo es probable que en algún momento identifique un problema de seguridad pero no sepa que es lo que se podría recomendar; en éstos casos se debe describir lo hallado y la recomendación la dirigirá en el sentido que se investigue la solución más factible.

Las recomendaciones que se describan deben ser analizadas profundamente por los auditores, deben direccionar la solución más no describir al detalle lo que se debe hacer; así como tampoco el auditor debe exigir que se tomen medidas específicas. Cuando se trate de problemas urgentes puede utilizarse palabras como **IMPORTANTE** por ejemplo que llamen la atención de los dueños del proyecto y le den carácter prioritario.

A continuación cito un ejemplo correcto y otro incorrecto de cómo redactar un hallazgo en temas de seguridad:

Forma Correcta:

En el tramo comprendido entre los kilómetros 20 a 22 de la Av. Simón Bolívar, en dirección sur a norte, los vehículos livianos sobrepasan el límite de velocidad permitido, debido a que existe una planicie de 500 metros que facilita la aceleración del vehículo. Se puede considerar la implementación de señalización horizontal o vertical preventiva, además de vallas publicitarias que informen del peligro de sobrepasar los límites de seguridad o solicitar el control permanente de los agentes de tránsito.

Forma Incorrecta:

Sobre la Av. Simón Bolívar, todos los vehículos sobrepasan el límite de velocidad permitido, por lo que la vuelve una vía insegura. Es necesario que se implementen reductores de velocidad a todo lo largo de la avenida.

1.2.7. Realizar una Reunión Final.

A esta reunión es recomendable que asistan, los miembros del equipo auditor, el dueño del proyecto o contratista y de ser posible el equipo que diseñó la vía o el equipo que se va a encargar de poner en ejecución las recomendaciones detalladas en el informe.

Esta reunión debe ser manejada de tal forma que las discrepancias se solucionen de manera adecuada y técnica, a sabiendas que todo el trabajo que se está realizando tiene como finalidad principal elevar el nivel de seguridad de la vía más no es una crítica al diseño vial ni a los profesionales que en ella trabajaron. Se busca entablar un diálogo constructivo que se base en los resultados obtenidos de la auditoría y presentar a los interesados los resultados relevantes de la ASV.

La intención de la Reunión Final es:

- Presentar los hallazgos encontrados y sus recomendaciones.
- Solventar las primeras dudas que pudieran presentarse a los profesionales encargados de ejecutar las recomendaciones, obteniendo además más sugerencias.
- Sirve además como un entrenamiento para todos los implicados en temas de auditorías de seguridad vial ya que existe un intercambio de conocimientos técnicos y de experiencia.

1.2.8. Informe de Respuesta Formal.

El contratante conjuntamente con su equipo técnico es el encargado de dar respuesta a todos los hallazgos detallados en el informe ASV, ya que este es un documento formal que contempla todos los estudios de carácter técnico

destinado a la seguridad de la vía y que sin duda traerá recomendaciones destinadas a mejorar su diseño.

El contratante debe estudiar dichas recomendaciones y decidir si las pone en práctica o no, para esto su análisis debe basarse en:

- Las recomendaciones presentadas por el equipo auditor están enmarcadas dentro del alcance del proyecto previamente definido.
- Aplicar la recomendación del equipo auditor me puede traer otra clase de inconvenientes no solamente de seguridad sino también de movilidad, ambientales, malestar ciudadano, etc.
- Se debe analizar el factor económico, ya que es posible que otro tipo de solución pueda dar los mismo resultados.
- Si el costo es elevado se puede aplicar una solución temporal que me permita ganar tiempo para encontrar otras soluciones alternativas.

Existe la probabilidad de que decidan aceptar o no las sugerencias descritas; Si se aceptan las recomendaciones se deben ejecutar y materializarse con el fin que la vía obtenga un nivel de seguridad mayor. Si no se las acepta en el informe se debe describir las causas por las cuales no son aplicadas adjuntando la correspondiente documentación.

La aceptación de las recomendaciones también puede ser total o parcial:

- Total.- Si se acepta en su conjunto la sugerencia emitida en el informe ASV y se aplica la recomendación presentada por el equipo auditor para lo cual se debe detallar el cronograma de actividades pertinente.
- Parcial.- Que se acepte solo en parte la recomendación presentada por el equipo auditor, complementándola con otra solución igual de efectiva, para lo cual el dueño del proyecto con su equipo deben justificar la razón de ese procedimiento, estableciendo también el cronograma de actividades para su implementación y el compromiso de materializarlo.

En todos los casos es necesario que se detalle lo resuelto en el informe lo cual además se sustentará en la documentación pertinente. No olvidemos que este informe de Respuesta Formal conjuntamente con el Informe de ASV, formarán parte del historial final de la ASV.

1.2.9. Implementación de las Recomendaciones.

Este paso también es responsabilidad del contratante, debe implementar las recomendaciones acordadas dentro de un cronograma establecido.

La bibliografía hace énfasis en la importancia que conlleva realizar ASV ya que este es un proceso de aprendizaje y entrenamiento de los involucrados, cuyos conocimientos y experiencias fomentarán una cultura de seguridad en los próximos diseños viales, los cuales cuando sean auditados tendrán menos observaciones y por lo tanto vías más seguras.

1.3 FORMULARIO DE VERIFICACIÓN.

Los formularios de verificación, son conocidos también como listas de verificación, listas de chequeo, listas de incitación, entre otros. En los formularios se contempla de manera lógica, ordenada y coherente, todo aquello que va a ser objeto de nuestro estudio dentro de la auditoría, es decir es una lista de aspectos técnicos y de seguridad que vamos a investigar, en que estado se encuentran en el campo o cual es la interacción que existe entre éstos y los usuarios de la vía.

Los Formularios de Verificación son solamente una ayuda memoria para el auditor, en donde vamos a contemplar los aspectos técnicos y de seguridad que vamos a buscar en la vía, nos sirve para evitar que algún punto importante pudiera pasarse por alto.

Existen varios tipos de formularios estructurados de diversas maneras que además abarcan varios temas, sin embargo es importante destacar que no existe un formulario específico a seguir, sino que más bien todos son estándar

y cada auditor debe manejarlo en la manera en que más cómodo se sienta, si considera que hay puntos en un formulario que no serán utilizados para un trabajo en particular el auditor puede omitirlos y de igual forma añadir otros puntos o aspectos que considere serán importantes o estarán presentes en la ASV.

Es importante destacar que los formularios no son el fin u objetivo de la auditoría de seguridad vial, tampoco van a suplir el conocimiento o experiencia de los auditores, sino que únicamente son una herramienta para hacer el trabajo de manera más eficiente, disminuyendo la probabilidad de cometer errores, haciendo más fácil la aplicación de los conocimientos, destrezas y experiencia de los profesionales miembros del equipo auditor. Los formularios son solamente un apoyo para los técnicos, que contemplan temas de seguridad, diseño, características, etc., generales en los caminos existentes.

Al ser el formulario solo una herramienta referencial éste no debe ir anexado al informe de auditoría, sino que el informe debe estar tan prolijamente redactado y sesudo en la manera de explicar los hallazgos y sus recomendaciones que no debe ser necesario para el interesado acudir a los formularios para aclarar algún punto o aspecto.

Al utilizar los formularios podemos encontrar una serie de ventajas como por ejemplo:

- Permite que el auditor organice su trabajo y sepa cuáles son las herramientas que va a necesitar para levantar su información.
- Nos permite estar pendientes de temas importantes que pudieran ser olvidados o pasados por alto.
- Nos permite levantar información en comentarios para mayor y más fácil comprensión de un tema.
- Podemos añadir aspectos o ítems importantes o retirar alguno que para algún trabajo en específico no sea relevante.

- Nos facilita la redacción del informe final, ya que podemos acudir a los comentarios de lo levantado lo cual nos va a recordar con precisión y detalle el problema que encontramos, por lo tanto la redacción del informe será más rápida.
- Es importante destacar que los formularios no pueden incluir todo.

1.3.1 Procedimiento para utilizar Los Formularios de Verificación.

Como anteriormente se mencionó no existe un procedimiento específico a seguir para aplicar los formularios, sin embargo se pueden establecer la siguiente guía:

1. El uso de los formularios no es obligatorio, por lo tanto lo primero en definir es si se los va a utilizar o no.
2. Si se decidieron a utilizarlos, se debe definir qué tipo de formularios y de qué manera se los van a emplear.
3. Por lo general se recomienda que se utilice un Formulario General que nos mostrará de manera global los temas que vamos a auditar, así como también nos va a proveer de una referencia del área de incidencia de la auditoría.
4. Luego se utilizará un formulario más específico, el mismo que previamente pudo ser elaborado y adecuado a las necesidades de los miembros del equipo auditor.
5. Una vez en el campo los miembros del equipo auditor deben anotar cualquier aspecto que consideren de importancia para estudiar y solventar alguna solución.

1.3.2 Formulario de Verificación Tipo.

El formulario de Verificación Tipo para realizar una Auditoría de Seguridad Vial a Caminos Existentes, se encuentra en el ANEXO "A".

CAPÍTULO II

AUDITORÍA DE SEGURIDAD DEL ESTADO DE LA VÍA.

2.1 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA.

La vía, al ser común para todos los usuarios, debe proveer las garantías de movilidad y seguridad para cada uno de ellos; los organismos gubernamentales y los mismos usuarios deben promover una cultura de seguridad vial en que cada usuario, y su manera de transporte, se sume de manera armónica a la red vial sin que esto represente un riesgo para los demás.

De varios estudios realizados a las causas que motivan la ocurrencia de accidentes de tránsito se habla que son tres los principales factores que influyen en los mismos, estos son:

- Factor humano, que representa aproximadamente el 94% de la ocurrencia de accidentes.
- Factor vehicular, que representa aproximadamente el 8% de la ocurrencia de accidentes, y
- Factor del estado vial y el entorno del camino, con aproximadamente el 28% de la ocurrencia de accidentes.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA OCURRENCIA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

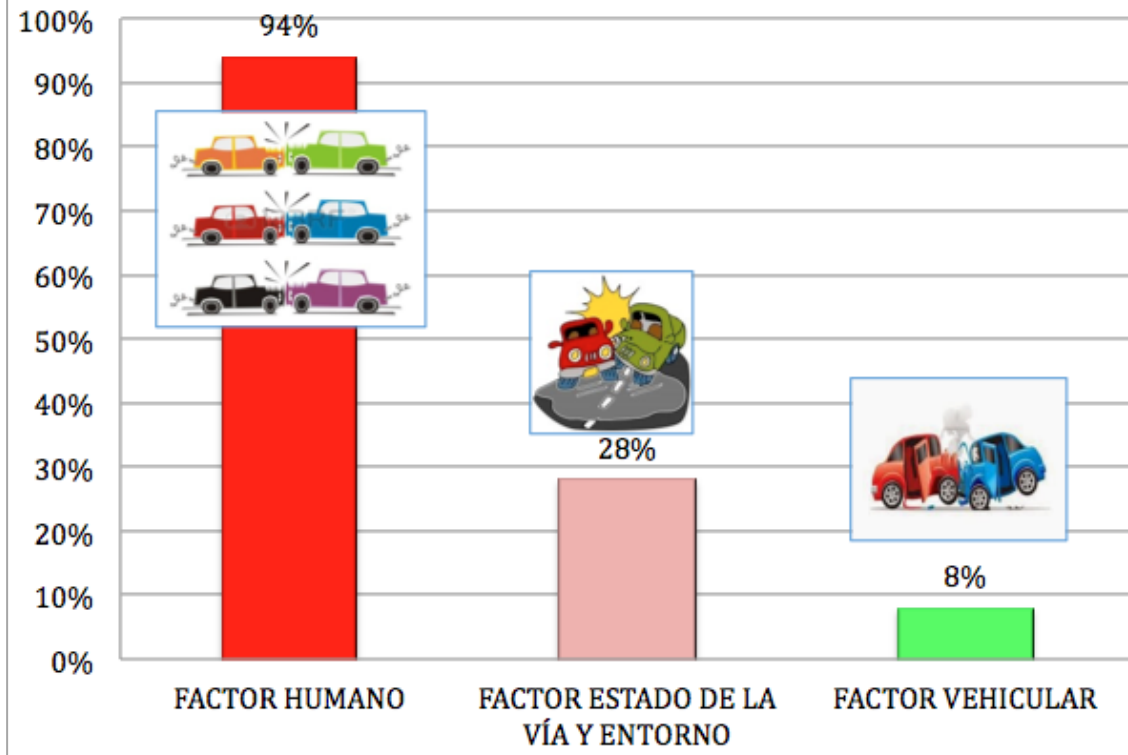


Figura 4. Factores que Influyen en la Ocurrencia de Accidentes de Tránsito
Elaboración: Propia

Se concluye que el estado de la red vial así como la influencia de su entorno se han convertido en la segunda causa de accidentabilidad a nivel mundial, es por ello que es importante estudiar el estado de la vía y establecer parámetros comunes que se puedan evaluar para luego realizar las recomendaciones de seguridad pertinentes. Es importante anotar que las causas de accidentabilidad no son independientes unas de otras sino por el contrario pueda que exista la concurrencia de varios de estos factores que se suman en cierto momento y hacen inminente la ocurrencia del accidente de tránsito.

El estado de la vía la vamos a analizar desde cuatro aspectos fundamentales que son los más comúnmente presentes en las vías de nuestro país:

- a. Baches
- b. Empozamiento
- c. Ahuellamiento
- d. Otros

a. Baches.

Concepto.- Los baches consisten en agujeros que se producen sobre la superficie de rodadura, pero no afectan la base de hormigón ni la sub base de una vía; esta área debe ser remplazada por material nuevo con el fin de permitir el flujo vehicular. Se caracteriza por poseer bordes irregulares y pueden llegar a tener una profundidad de hasta 15 cm. Aún cuando se haya realizado un buen trabajo de reparación, el bache siempre va a ser considerado un defecto de la vía y su comportamiento nunca será igual a la superficie original, por lo tanto siempre representará algún problema de confort.

Origen.- Los baches se producen debido a que el agua filtra por las grietas que se van formando en la superficie de rodadura del asfalto, lo que provoca el debilitamiento en los materiales cohesionados de la vía separándolos cada vez más hasta que éstos fallan. Las grietas se producen por muchos factores uno de ellos es el alto y pesado tráfico que puede circular; suelen presentarse en las zonas de mayor contacto entre los neumáticos y el asfalto. Otras de las causas de aparición de las grietas son los excesivos cambios de temperatura que producen que los materiales se expandan y contraigan o los inviernos demasiado adversos muy comunes en nuestro país.

Pueden tomar cualquier forma, pero por lo general siempre siguen una tendencia circular.

Medición.- Los baches se miden por áreas, es decir en metros cuadrados de daño que presenten. Es probable que un mismo bache presente diferentes grados de daño, entonces las áreas deben medirse y presentarse por separado dependiendo de su grado de severidad. La literatura manifiesta que

aún cuando el bache presente algún daño de agrietamiento o desprendimiento se lo debe anotar solamente como bache.

Recomendación.- La reparación de manera general, consiste en realizar sobre el área afectada la colocación del parche correspondiente de asfalto caliente, aislado adecuadamente de tal forma que se adhiera a la sub base de la vía. Sin embargo los miembros del equipo auditor pueden realizar sus recomendaciones verificando el grado de daño que presente la vía, si el daño es bajo es probable que no se requiera ni siquiera arreglo, si es medio tal vez se requiere un solución no tan emergente, pero si es alto es necesario que se haga notar en el informe que el arreglo debe ser realizado de la manera más pronta.



*Fotografía 1. Bache de 7 cm.
Sector Zámbriza*



*Fotografía 2. Parche colocado en Bache
Sector Zámbriza*

b. Empozamiento.

Concepto.- También es conocido como encharcamiento, consiste en la acumulación de agua lluvia en algún segmento específico de la vía, esto debido a que se produjo una deformación por flexión en la estructura vial.

Origen.- Las causa puede referirse a que la estructura de la base y sub base de la vía no cumplieron con los requisitos para ese sector en particular, o que el suelo no fue compactado adecuadamente, esto produjo que el suelo presente una falla y se pandee produciendo un recipiente para acumulación de aguas lluvias.

Medición.- No existe un procedimiento técnico definido que sirva para medir la cantidad de empozamiento, pero fundamentalmente el auditor debe verificar la altura que alcanza el nivel de agua en ese punto y que problemas de seguridad podrían presentarse para los usuarios de esa vía.

A más de la altura se debe tomar en cuenta el volumen de agua, es decir la relación que existe con respecto a que longitud que toma el empozamiento a lo largo de una vía.

Recomendación.- Se debe realizar un nuevo estudio de suelo y verificar su compactación, posterior realizar nuevamente la colocación de la base y sub base tomando en cuenta el nivel freático del suelo evitando que vuelva a fallar. De ser muy costoso el procedimiento anterior, el auditor puede verificar la factibilidad de instalar un adecuado sistema de drenaje y su continuo mantenimiento y limpieza.



Fotografía 3. Vía Aloag-Sto. Domingo
www.eluniverso.com



Fotografía 4. Sur de Guayaquil
www.ecuavisa.com

c. Ahuellamiento.

Concepto.- El Ahuellamiento consiste en una deformación que se produce de manera longitudinal a manera de canal sobre la calzada, particularmente por la zona por donde transitan los vehículos, es probable que produzca el levantamiento de la capa asfáltica en sus costados. La carga del vehículo que se desplaza a través de las ruedas hacia el asfalto provoca que los costados del recorrido de la rueda se levanten, tanto en la superficie como en la capa

superficial y en la base, lo que termina con la formación de una especie de canaleta. Cuando la falla es mínima es casi imperceptible y únicamente la diferenciamos cuando ha llovido y el agua se ha acumulado.

Origen.- El ahuellamiento se produce de varias maneras, una puede ser el continuo movimiento de tráfico pesado, sometido a temperaturas extremas, a lo que además se puede sumar deformación en la capa asfáltica, en las bases de la vía o un proceso de compactación inadecuado.

Medición.- Se mide en relación al área, es decir se contabilizan los metros cuadrados que han sido afectados por esta falla; para poder determinar cuan grave es el daño se debe medir su profundidad por medio de un proceso simple que consiste en colocar un elemento plano y nivelado de manera paralela a la sección transversal de la falla y medir la altura o profundidad con una regla o flexómetro ubicándolo de manera perpendicular.

Recomendación.- Para poder realizar alguna recomendación, el auditor debe tener parámetros en los cuales basarse; para lo cual me permito sugerir los siguientes:

- Si la profundidad del ahuellamiento se encuentra hasta aproximadamente los 14 mm, la vía puede mantenerse en funcionamiento normal, solamente aplicado el perfilado en frío o fresado mas la sobre carpeta.
- Si la profundidad es mayor de 14 mm, la recomendación puede basarse en parchar la vía de acuerdo a la magnitud de la falla, más el fresado y la sobre carpeta asfáltica.



Fotografía 5. Ahuellamiento Producido Por BRT. Calle Tarqui



Fotografía 6. Imagen Transversal Ahuellamiento. Calle Tarqui

d. Otros.

El estudio del estado de la vía debe verificar la existencia de otros elementos, que sin ser los más comunes, suelen presentarse sobre las vías de nuestro país. La personas encargadas de auditar el estado de las vías deben también verificar los siguiente:

Calzada limpia.- Es frecuente que en las vías exista algún residuo de los materiales utilizados en su construcción o para su mantenimiento por ejemplo resto de hormigón o grava regados sobre la calzada, cuya presencia puede confundir a los conductores y motivarlos a realizar maniobras imprevistas para evitarlos poniendo en riesgo la seguridad de los demás conductores y otros usuarios de la vía.

Presencia de vegetación.- Existe vegetación colocada a lo largo de las vías sobre parterres, islas, redondeles o rotondas, en los costados etc., lo importante es que la vegetación no ensucie la calzada, por ejemplo con ramas caídas sobre la vía o con ramas que cuelgan de sus árboles pero que se encuentran tan bajas de altura que podrían impactar a los vehículos que circulen.

Curvas horizontales y Verticales.- Este es un tema que en el Capítulo III se encuentra mas detallado, sin embargo es conveniente saber que en los puntos más altos o más bajos de las curvas verticales es en donde más se

reporta ocurrencia de accidentes de tránsito, sus radios de curvatura deben ser los adecuados de acuerdo al diseño vial y a la velocidad de diseño, la transición de curvas verticales a horizontales y viceversa es otro factor que incide en la ocurrencia de accidentes; el auditor de seguridad vial debe verificar que se cumplan éstas características y si existen proveer de las medidas correctivas pertinentes.



Fotografía 7. Residuo de Hormigón en vía de alto tráfico



Fotografía 8. Rocas sueltas sobre la vía Vía Quito-Papallacta



Fotografía 9. Asfalto regado en la vía Av. Interoceánica



Fotografía 10. Vegetación que cuelga en espacio de circulación vehicular

2.2 DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI).

Un punto fundamental dentro de las ASV, es poder medir la seguridad que presenta una carpeta asfáltica con respecto a la relación existente entre la banda de rodadura del neumático y la superficie de rodadura (calzada), debido a que es el nivel de adherencia entre estos dos elementos lo que

determina el comportamiento dinámico del vehículo, para esto es necesario estudiar el COEFICIENTE DE FRICCIÓN el cual esta relacionado directamente con la MACROTEXTURA y la MICROTEXTURA del pavimento.

El coeficiente de fricción es mayor cuando se transita a velocidades pequeñas, y depende del número de puntos de contacto existentes entre la banda de rodadura del neumático y la dimensión de los áridos de los que esta compuesto el pavimento de la vía, lo cual lo determina la Microtextura.

Por otro lado la Macrotextura se encarga de la evacuación del agua de la superficie vial, entre mayor sea el grosor de los áridos que conforman la macrotextura la capacidad de evacuación es también mayor. Este aspecto es fundamental sobre todo cuando se aumenta la velocidad, ya que la fricción es inversamente proporcional a la velocidad, es decir entre más velocidad menor fricción, sin embargo esto se controla mejor con la calidad de áridos tanto para la microtextura como para la macrotextura.

Por lo que ha sido necesario establecer un mecanismo para poder medir tanto la capacidad de fricción como la textura de las carpetas asfálticas, para ello se han ideado una serie de mecanismos y construidos varios equipos, sin embargo sus valoraciones se miden en escalas diferentes y por lo tanto resulta muy difícil poder realizar una comparación entre éstos valores.

Para poder solucionar este inconveniente la Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras (AICPR), que actualmente se la conoce como Asociación Mundial de la Carretera desarrollo en el año 1992 el Índice de Fricción Internacional (IFI).

Índice De Fricción Internacional (IFI).

Se trata de una escala universal con la cual se puede relacionar, los resultados obtenidos de los ensayos de la fricción y textura o rugosidad de las capas asfálticas realizados con cualquier equipo, la mayor ventaja es que permite comparar los diferentes pavimentos utilizados a nivel mundial.

El IFI está compuesto por dos cantidades, es decir dos números que se lo escribe dentro de un paréntesis y se los separa mediante una coma. El primer valor representa el valor de la fricción medido a una velocidad de 60 km/h y es adimensional, entre más cercano sea el valor a 1 existe mayor fricción y entre más se acerca a 0 quiere decir que es más liso. El segundo número representa el valor de la macrotextura, siempre representado por un valor positivo y se lo representa en km/h; estos dos valores se los obtienen de tomar las medidas correspondientes.

$$IFI = (F_{60}, Sp)$$

VALORES PARA DETERMINACIÓN IFI	
Medido a 60 km/h	Valor entre más cercano 1 existe más fricción
	Valor entre más cercano 0 es más liso

*Tabla 1. Valores Para Determinación IFI
Elaboración: Propia*

Pero, los valores que conformen el IFI no son lo esencial que necesitamos saber acerca de la fricción, sino lo importante es determinar el Valor de la Fricción; para calcular este valor nos basamos en los valores obtenidos del IFI y aplicamos la siguiente ecuación:

$$F(S) = F_{60} * e^{(60-S)/Sp}$$

En donde:

F(S) = Valor de la fricción para cualquier valor de S (deslizamiento).

S = Velocidad de deslizamiento.

Sp = Es el valor de la constante de velocidad.

F₆₀ = Valor de la fricción medido a una velocidad de 60 km/h.

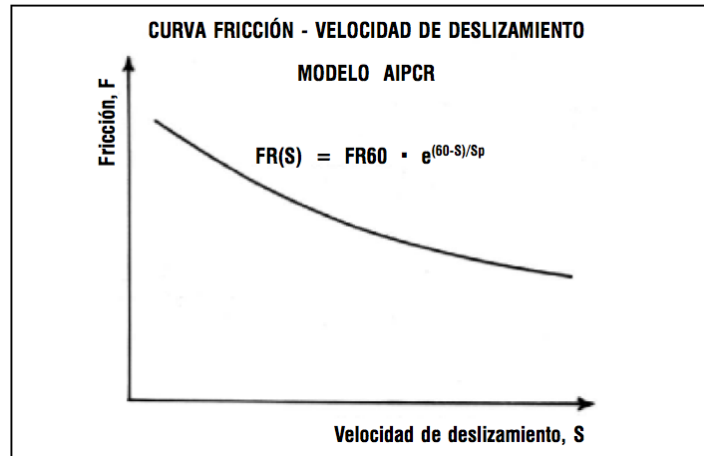


Figura 5. Curva Fricción Vs. Velocidad de Deslizamiento
Fuente: Calle, Página 79

Esta ecuación, tomando las medidas y realizando el procedimiento de manera correcta, nos provee de un Valor de Fricción bastante acertado, el cual es muy cercano a la denominada Curva de Referencia que es la que representa de manera real la verdadera relación existente entre fricción y velocidad de deslizamiento y se encuentra definido por la siguiente expresión:

$$GF(S) = GF_{60} * e^{(60-S)/Sp}$$

En donde:

GF(S) = Valor de la fricción para la Curva de Referencia.

S = Velocidad de deslizamiento.

GS = Es el valor de la constante de la influencia de la velocidad en la Curva de Referencia.

GF₆₀ = Valor de la fricción de la Curva de Referencia medido a una velocidad de 60 km/h.

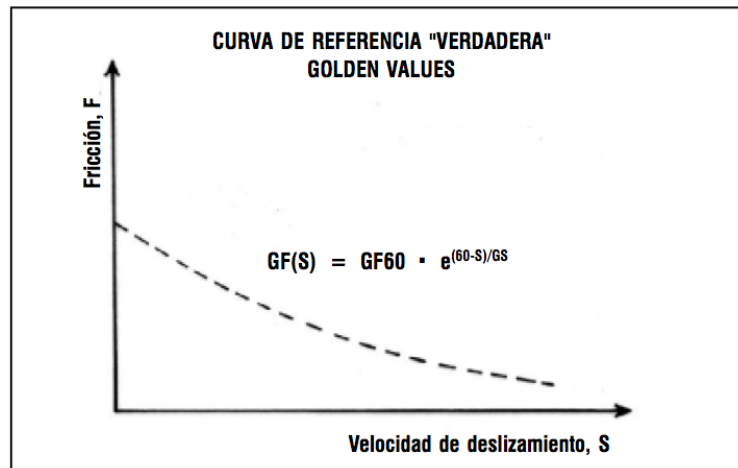


Figura 6. Curva de Referencia Verdadera Fricción Vs. Velocidad de Deslizamiento
Fuente: Calle, Página 80

Equipos Para Medir Fricción:

Los siguientes son equipos que nos dan una medida muy acertada acerca del valor de la microtextura y para su funcionamiento deben estar acoplados a vehículos auscultadores, entre los más conocidos tenemos:

EQUIPOS DE MEDIDA DE FRICCIÓN		
ORD.	NOMBRE	CARACTERÍSTICA
1	RUEDA DUBLICUA	VIA PARALELA AL SENTIDO DE LA VIA
2	RUEDA PARCIALMENTE BLOQUEADA	GRADO DE DESLIZAMIENTO VARIABLE
3	RUEDA BLOQUEADA	GRADO DE DESLIZAMIENTO FIJO

Tabla 2. Equipos de Medida de Fricción
Elaboración: Propia

También se puede utilizar el llamado Péndulo de Fricción, sin embargo su medida no es muy exacta.

2.3 ESTUDIO DE MACRO Y MICRO TEXTURA DEL PAVIMENTO.

Tanto la Micro como la Macrotextura, son factores que definen la resistencia al deslizamiento de una rueda sobre la superficie de la vía.

La Macrotextura, se refiere propiamente a la textura superficial de la capa asfáltica, se origina de los propios agregados pétreos que se encuentran

como parte del pavimento, éstos tienen diferentes formas y dimensiones que hacen que sobrepasen la altura del nivel de la vía. Su función principal es la evacuación del agua residual sobre la capa asfáltica, facilitado el contacto entre neumático y pavimento. A mayor velocidad la adherencia es menor por lo que se recomienda que los agregados posean una macrotextura gruesa; lo negativo de tener una macrotextura alta es que produce problemas de confort ya que transitar esa vía se puede volverse ruidosa.

La Microtextura se refiere propiamente a la textura superficial de los propios agregados pétreos, los cuales pueden poseer características pulidas o ásperas. Tiene influencia directa en el tipo de fricción que puede ocurrir entre las ruedas y la superficie de rodadura de las vías. Se recomienda que las vías tengan una microtextura áspera debido a que mejora la fricción, sin embargo entre mayor sea el valor de la microtextura el desgaste de los neumáticos es también mayor.





SUPERFICIE		CLASES DE TEXTURA	
		MACRO	MICRO
A		GRUESA	ÁSPERA
B		GRUESA	PULIDA
C		FINA	ÁSPERA
D		FINA	PULIDA

Figura 7. Tamaños de Micro y Macrotextura
Fuente: Calle, Página 75

Equipos Para Medir Textura:

EQUIPOS DE MEDIDA DE TEXTURA		
ORD.	NOMBRE	CARACTERÍSTICA
1	PERFILÓMETROS	DETERMINA EL PERFIL
2	DRENÓMETROS	MIDE LA EVACUACIÓN DE UN VOLUMEN CONOCIDO
3	MANCHA DE ARENA	MIDE LA PROFUNDIDAD MEDIA DE LA TEXTURA

Tabla 3. Equipos para medir Texturas
Elaboración: Propia

Las dimensiones se encuentran definidos en los siguiente parámetros:

DIMENSIONES DE MICRO Y MACROTEXTURA		
SENTIDO	MICROTEXTURA (mm)	MACROTEXTURA (mm)
HORIZONTAL	0,5	0,5
VERTICAL	0,2	0,2

*Tabla 4. Dimensiones Permitidas de Micro y Macrotectura
Elaboración: Propia*

2.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI).

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), fue una propuesta realizada por el Banco Mundial en el año 1982, con el fin unificar los varios resultados que se habían obtenido de estudios de rugosidad vial que se habían realizado a nivel mundial, esta estandarización logró unificar los métodos de medición en uno sólo aceptado universalmente.

El IRI busca determinar las vibraciones que un vehículo puede sufrir debido a las condiciones de irregularidad de una calzada, una característica es que su comportamiento es linealmente proporcional a la rugosidad de esa vía. La importancia del estudio del IRI radica en que la rugosidad determina el confort, seguridad y desgaste de los vehículos.

La medición del IRI, fundamentalmente, se basa en el método denominado “el cuarto carro”, que consiste en simular la cuarta parte de un vehículo; se trata de un equipo que esta compuesto por el neumático, amortiguador, resorte y una masa que simula a la del vehículo; al cual se le hace recorrer a una velocidad de 80 km/h y se toman las medidas de los movimiento verticales para luego dividir las para la distancia recorrida, las unidades que utilizan son de longitud, siendo una de las más comunes el m/km.

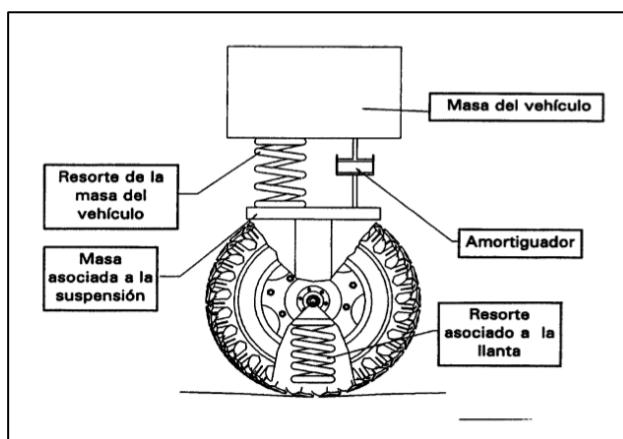


Figura 8. Representación de “El Cuarto Carro”
Fuente: Arriaga, Garnica, Pico, Página 11.

La escala de valores del IRI comienza en 0 m/km, la cual representa una superficie totalmente plana; pero el límite superior no se ha logrado definir, algunos estudiosos manifiestan que el tope sería de 12 m/km, sin embargo con una medida de 8 m/km, ya nos encontraríamos en una vía en la que prácticamente no se puede transitar al menos que se lo haga a velocidades muy bajas.

Para calcular el IRI se puede utilizar la siguiente expresión:

$$IRI = 1/L * \sum |\Delta u - \Delta v|$$

Donde:

Δu = desplazamiento vertical de masas no suspendidas.

Δv = desplazamiento vertical de masas suspendidas.

VALORES PARA DETERMINACIÓN IRI	
Medido a 80 km/h	Valor cercano a 0 m/km superficie plana
	Valor cercano a 8 m/km tránsito a corta velocidad
	Valor cercano a 12 m/km imposible transitar

Tabla 5. Valores Para Determinación IRI
Elaboración: Propia

CAPÍTULO III

AUDITORÍA DE SEGURIDAD DEL DISEÑO VIAL

3.1 DETERMINACIÓN DE LOS RADIOS DE CURVATURA DE LAS VÍAS.

Dentro del diseño geométrico de las vías, uno de los aspectos que incide de manera directa en la consecución o previsión de los accidentes de tránsito son las curvaturas Horizontales y Verticales; existe un alto número de accidentes relacionados con la influencia de una de éstas curvas o que se han suscitado debido a la combinación de ellas, las vías deben presentar uniformidad en su estructura y construcción de modo que transitar sobre ellas produzca seguridad y facilidad de maniobrabilidad del vehículo.

Es importante que el conductor que transite sobre una vía no se encuentre de sorpresa con un tramo que le obligue a realizar maniobras inesperadas o peligrosas que pongan en riesgo su seguridad, es por ello que la vía debe mantener su continuidad y no presentar cambios bruscos en las curvas.

Debemos comprender que el diseño vial tiene que analizar que las curvas horizontales y verticales no son independientes sino, por el contrario, deben siempre coordinar el tránsito que sobre ellas recorre manteniendo la uniformidad de la vía. En caso que el diseño geométrico no pueda mantener esta homogeneidad se debe establecer la manera más adecuada de alertar a los conductores de potenciales problemas en la vía.

Recorrer por una vía debe ser una acción fácil, cómoda, sencilla, sin sorpresas y segura.

3.1.1 Curvas Horizontales.

Son varios los aspectos técnicos que influyen en la seguridad al transitar las curvas horizontales; el primero de ellos es su radio de curvatura, el cual debe poseer un valor máximo el mismo que debió ser calculado de acuerdo a la velocidad de diseño del proyecto y al de operación, con el objetivo de reducir las pérdidas de pista, volcamientos, deslizamientos, etc. Una particularidad de las curvas horizontales es que se deben evitar las rectas de gran longitud previas a ingresar a una curva, ya que estas provocan que los conductores aumenten la velocidad de manera consciente o inconsciente, lo cual al entrar a la curva provocará el uso de maniobras peligrosas o eventos que comprometerán su seguridad. De manera general se ha establecido que las curvas espirales son más peligrosas que las no espirales, debido a que el conductor está menos expuesto a sorpresas cuando transita por una curva normal que cuando lo hace por una curva que de manera paulatina va disminuyendo su radio, es decir se va “cerrando”; un radio de curvatura seguro es aquel que se encuentra por sobre los 430 m.

En el ámbito rural los accidentes de tránsito se encuentran en una relación inversamente proporcional a la del radio de la curvatura, lo cual suena bastante lógico, es decir que entre mayor es el radio de curvatura, menos probabilidad existe que el conductor deba realizar maniobras que comprometan sus seguridad, siendo la distancia de visibilidad para la parada un punto esencial.

Las curvas horizontales deben además contar con un peralte diseñado igual que su radio de curvatura, es decir de acuerdo a la velocidad de diseño del proyecto y al de operación real que va a transitar por esa vía. Si bien es cierto se deben cumplir con las especificaciones técnicas para la construcción de una vía, estas pueden ser inobservadas cuando representen un peligro potencial para la seguridad de quienes por ella transitan; es decir que si se diseña un contra peralte debido a factores externos en la vía, infraestructura o cualquier otro factor, éstos pueden provocar deslizamientos o volcamientos incluso en curvas de un radio grande.

La proporción del peralte debe considerar también que si es muy pequeño puede provocar espejos de agua sobre la vía y por lo tanto el fenómeno del hidroplaneo, mientras que por otro lado si es muy grande los vehículos pueden deslizar hacia el interior o puede volcar al igual que si se tratará de un contra peralte.

De igual forma pueden existir casos de cambio de peralte, para ello las distancias deben ser las adecuadas, nuevamente calculadas por la velocidad de diseño y operación, una distancia no adecuada o menor a la mínima puede provocar accidentes debido al cambio brusco de un peralte a otro.

Para finalizar el detalle de seguridad de una curva horizontal debemos hablar de un coeficiente de fricción adecuado en la parte transversal de la carretera que provea de la adherencia adecuada de la superficie de rodadura de un neumático con la calzada evitando su deslizamiento.



*Fotografía 11. Consecución de Curvas Horizontales Derecha e Izquierda
Av. Simón Bolívar*

3.1.2 Curvas Verticales.

Las curvas verticales fundamentalmente representan cuatro problemas de seguridad:

1. Pendientes Ascendentes.- Si no existe la cantidad suficiente de carriles, es probable que los vehículos pesados provoquen congestión vehicular y comprometan la seguridad de los demás vehículos sobre todo al realizar maniobras para rebasar.



*Fotografía 12. Pendiente Ascendente
Av. Interoceánica*



*Fotografía 13. Pendiente Ascendente
Av. Interoceánica*

2. Pendientes descendentes.- Si éstas son muy pronunciadas es probable que los sistemas de frenos de los vehículos sean muy utilizados hasta el punto en que fallen, por consiguiente el vehículo descenderá la pendiente tomando cada vez mayor velocidad y terminando en un accidente.

Para ambos casos se recomienda que exista un carril adicional que permita que los vehículos lentos no entorpezcan el normal flujo vehicular; en el caso de descensos este carril puede dirigir a los vehículos que puedan perder el control hacia lechos de frenado.



*Fotografía 14. Pendiente Descendente
Av. Interoceánica*



*Fotografía 15. Pendiente Descendente
Av. Interoceánica*

3. Peraltes muy cercanos a 0%, estos en cambio, pueden producir un sistema de drenaje ineficiente y por lo tanto la acumulación de espejos de agua e hidroplaneo, este problema se agrava entre mayor sea la longitud de la curva. De igual forma si se trata de una curva cóncava puede producir gran acumulación de agua o encharcamiento.



*Fotografía 16. Cambio de Peralte
Av. Interoceánica*

4.- Dificultad de visualización sobre todo en las parte altas de las curvas, ya que la existencia de obstáculos (que pueden ser otros vehículos detenidos) provoca que los conductores tengan poco tiempo para maniobrar es por ello que es importante determinar y señalar claramente la velocidad máxima que le permitiría a un vehículo frenar y poder evitar un potencial accidente.

Por todo lo antes descritos se dice que los puntos más conflictivos de seguridad dentro de una curva vertical con los puntos más altos y más bajos.



Fotografía 17. Curva vertical y Vegetación Impiden que los Conductores puedan Identificar a los Peatones en la Av. Interoceánica

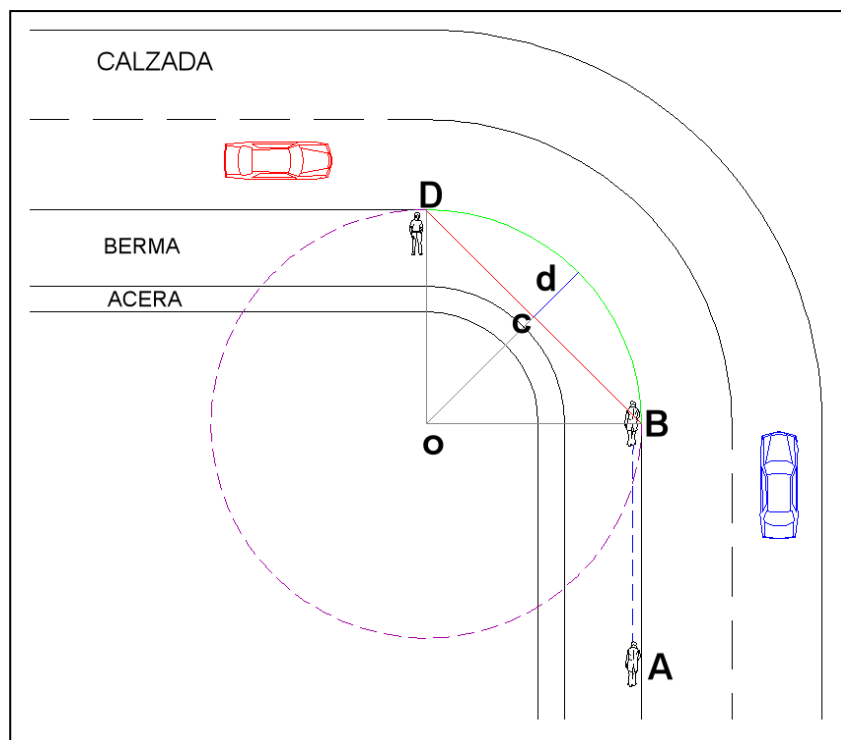
Un mecanismo de seguridad y prevención muy útil, tanto para curvas horizontales como verticales, es la implementación oportuna y correcta de señalización vertical y horizontal que le permitan al conductor advertir de un peligro potencial más adelante en la vía.

3.1.3 Formas de Determinar el Radio de Curvatura de Las Vías.

1. **Software de Dibujo.-** Para los miembros del equipo auditor se puede facilitar en gran medida contar con los planos de dibujo del trazado vial, ya que al analizarlos con un software adecuado de dibujo se puede establecer cual fue el radio de curvatura de diseño en una vía. Si no se cuenta con los planos existe una serie de interacciones entre programas de dibujo y otros de fotografías aéreas que se pueden obtener del Instituto Geográfico Militar o más comúnmente de las páginas web. Por su puesto estas mediciones no suplen en ningún caso las visitas de campo y su verificación lo cual es obligatorio, sin

embargo sirven en gran medida para tener una visión amplia y bastante exacta previa a la visita.

2. **Medición con Equipo de Topografía.-** Sin duda el más exacto de todos ya que es realizado en el campo mismo y con un equipo de medición fabricado para ese tipo de usos; consiste en que el equipo auditor debe contar con una persona que tenga conocimiento en utilizar equipos como el teodolito o Estación Total, tomar las medidas correspondientes y posterior establecer el valor de radio de curvatura. En la actualidad obtener uno de estos equipos para realizar un trabajo en particular es bastante sencillo y el costo de su alquiler puede oscilar entre los 30 a 50 dólares por día.
3. **Medición con Cinta Métrica.-** Este es un método práctico y que nos da un resultado bastante acertado del valor de radio de curvatura, además que resulta altamente versátil debido a su facilidad de realizarlo y al bajo costo que representa.



*Figura 9. Medición con Cinta Métrica
Elaboración: Propia*

Procedimiento:

1. Para este método necesitamos al menos de dos personas y una cinta métrica.
2. La persona 1 debe colocarse en un punto D al inicio de la curva, mientras que una persona 2 debe colocarse en un punto A al otro lado.
3. La persona 2 debe avanzar desde un punto A, en el que aún no puede visualizar a la persona 1 hasta un punto B en donde ya puede observar a la persona 1.
4. Las personas 1 y 2 con la ayuda una cinta métrica pueden tomar la distancia de la cuerda C de manera sencilla y levantar este primer dato.
5. Posterior se ubican en la mitad de la cuerda C, y toman la medida **d** perpendicular a ella; esto se puede realizar con la misma cinta métrica y utilizar la técnica del triángulo 3, 4, 5, la cual nos da un ángulo de 90° con respecto a la cuerda y podemos levantar este segundo dato.
6. Una vez levantados estos los datos, se debe calcular el radio de la circunferencia utilizando los principios geométricos.

IMPORTANTE: Para este procedimiento es fundamental que los participantes levanten la información tomando absolutamente todas las medidas de seguridad, es decir:

- Tomando las medidas desde las bermas
- Utilizando la vestimenta reflectiva.
- Equipo de seguridad industrial.
- Delinear la zona donde se va a trabajar.
- De ser posible la colaboración de la Policía Nacional o Agentes de Tránsito para los desvíos y seguridad.

Cálculo Geométrico del Radio de Circunferencia y Longitud de Arco.

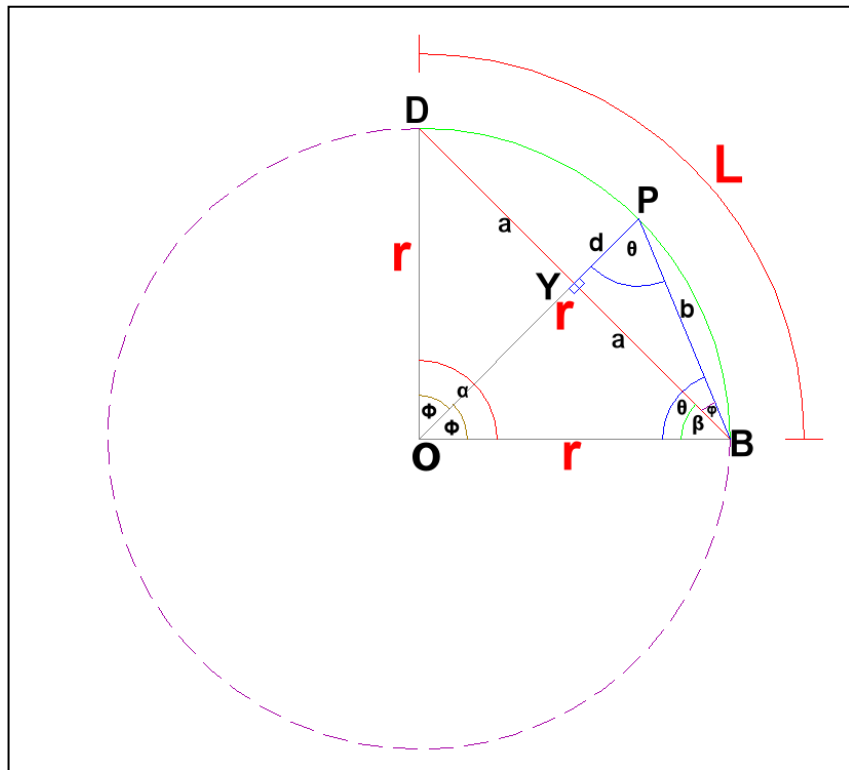


Figura 10. Cálculo Geométrico de Radio de Curvatura
Elaboración: Propia

Procedimiento:

1. Tenemos una circunferencia de origen O y radio r .
2. Sabemos por definición de cuerda que el radio siempre va a cortar a la cuerda en n puntos por lo que también va a cortarla en algún punto medio Y en donde el radio será perpendicular a la cuerda. Segmento $OY \perp$ al segmento DYB .
3. Por lo anterior sabemos que la cuerda C es cortada en dos segmentos iguales en el punto Y de modo que: $C = a + a$
4. Sabemos también que el segmento YP , es igual a la distancia obtenida por medición d .
5. De modo que conocemos el valor de a , d y que el $\angle BYP$ es recto (por lo antes descrito), entonces obtenemos un triángulo rectángulo YPB el

cual lo podemos resolver por completo, es decir obtener el valor de b y de los $\angle \theta, \varphi$.

6. Los segmentos OP y OB son iguales al radio r , por lo que el triángulo OPB es isósceles, en donde el $\angle \theta$ es igual al $\angle PBO$.
7. El $\angle PBO$ es igual a la suma de los $\angle \beta$ y $\angle \varphi$, por lo que por suma de ángulos podemos obtener el $\angle \beta$.
8. Conocido el $\angle \beta$ podemos calcular el $\angle \phi$ por suma de ángulos también.
9. Conocidos todos los ángulos del triángulo OYB y además el valor de a , podemos calcular el valor del radio r mediante trigonometría o mediante la ley de senos.
10. Ya con el valor de r podemos calcular además el valor L que representa la longitud de arco mediante la siguiente expresión:

$$L = 2 * \pi * r * \alpha / 360$$

$$\text{Donde } \alpha = \phi + \phi$$

3.2 DETERMINACIÓN DE LA CAUSA BASAL DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.

El Art. 392 del Actual REGLAMENTO GENERAL PARA LA APLICACION DE LA LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL, de fecha 11 de Junio de 2012, define lo siguiente:

CAUSA BASAL O EFICIENTE.- Es aquella circunstancia que interviene de forma directa en la producción de un accidente de tránsito y sin la cual no se hubiera producido el mismo.

Lamentablemente ningún accidente de tránsito es similar a otro razón por la cual no existe un procedimiento establecido cuyo cumplimiento de pasos nos permita determinar la causa basal de los accidentes de tránsito; sin embargo luego de haber realizado la investigación del caso y consultar con profesionales con gran experiencia en el tema, me he permitido establecer un

proceso que de manera general abarca la metodología para determinar la causa basal de los accidentes de tránsito:

- a. Obtener información del tipo de accidentes de tránsito que ocurren en un determinado lugar, para ello nos vamos a servir de la información que manejan las diferentes fiscalías de tránsito a nivel nacional.
- b. De estos datos vamos a obtener la información referente a:
 - Tipo de accidente
 - Dirección exacta
 - Día y Hora
 - Tipo de vehículos involucrados
 - Características de los conductores (hombres, mujeres, edad, ocupación, etc.)
 - Y cualquier otra información que sea de especial interés
- c. Se debe realizar el estudio técnico-mecánico de los vehículos involucrados estableciendo sus puntos de impacto.
- d. Analizar las versiones de los conductores y de los testigos; de esta información vamos a obtener cuales fueron las condiciones de la vía, las condiciones climáticas y si los conductores respetaron la señalización o cometieron algún tipo de imprudencia o inobservancia de la ley.
- e. Se debe visitar el lugar y analizar:
 - Si existe señalización vertical u horizontal
 - El estado en que se encuentra la señalización
 - Si existen cruces, delimitación de línea cebra
 - Existencia y funcionamiento de semáforos
 - Discos PARE
 - Diseño geométrico
 - Radios de curvatura

- Peralte de la vía
 - Y cualquier otra información que sea de interés
- f. Los siguientes también son elementos que coadyuvan a esclarecer el accidente y que fortalecen las conclusiones obtenidas en la investigación; es probable que estén presentes en la escena del accidente de tránsito:
- La existencia de huellas de frenado
 - Huellas biológicas
 - Videos, etc.

IMPORTANTE: En nuestro país los únicos profesionales que se encuentran debidamente autorizados para realizar los estudios de accidentes de tránsito y poder determinar la Causa Basal de los mismos son los Peritos acreditados por el Consejo de la Judicatura.

El Reglamento del Sistema Pericial Integral de la Función Judicial (Resolución 040-2014), en su Capítulo I manifiesta lo siguiente:

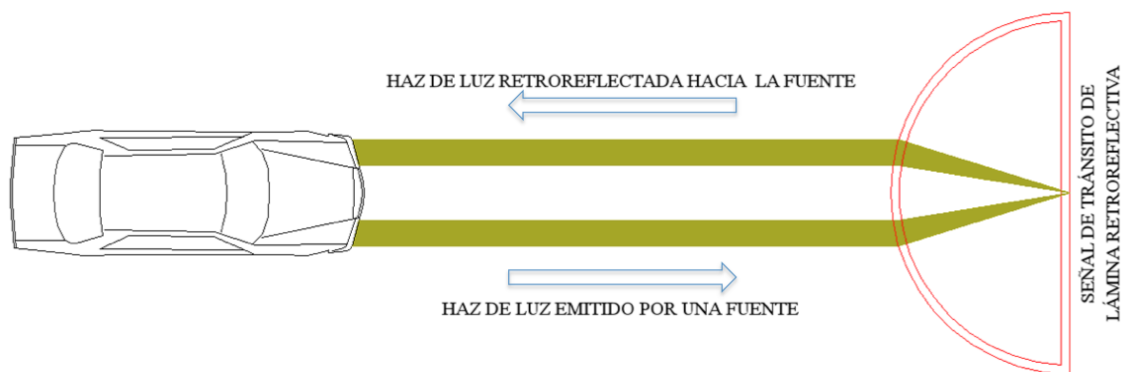
“Artículo 3.- Calidad de Perito.- todo perito que sea designado como tal en cualquier tipo de proceso judicial o pre procesal, debe estar previamente calificado por el Consejo de la Judicatura, y debe cumplir con las regulaciones y la normativa de esta resolución.”

De igual forma en el mismo reglamento se establecen los pasos y requisitos que se deben cumplir para ser un perito acreditado por el Consejo de la Judicatura.

3.3 ENSAYOS DE RETROREFLECTIVIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN.

Retroreflectividad.- Es un término que se utiliza para determinar la cantidad de luz que es reflejada por un cuerpo de superficie reflejante. En el ámbito vial, consiste en la luz que refleja la diversa señalética de tránsito debido a que una fuente externa (por ejemplo los faros de un vehículo) emite esta energía a las señales las cuales, debido al material retroreflejante del que están compuestas, concentran los rayos de luz para luego devolverlos en dirección al mismo vehículo; se mide en candelas, luz, metro cuadrado (cd/lux/m^2).

La retroreflectividad está íntimamente relacionado con el término retroreflexión, el cual se define como el regreso de los rayos de luz a su fuente debido a un material especialmente utilizado para ese fin, tal es el caso de las señales de tránsito, las cuales a un estímulo como los faros de los vehículos, toman un entorno más resplandeciente para los conductores prácticamente para cualquier ángulo. Esta retroreflexión se la ha logrado gracias al uso de una serie de materiales como son las micro esferas de vidrio o los micro prismas.



*Figura 11. Representación Gráfica de Retroreflectividad
Elaboración: Propia*

Para su medición se utilizan los RETROREFLECTÓMETROS, que son aparatos que recrean la interacción existente entre una fuente de luz, la señal retroreflectiva y la cantidad de luz que retorna, existen varios tipos en el mercado.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Reglamento Ecuatoriano, RTE INEN 004-1:2011, Primera Revisión; establece los diferentes niveles de retroreflectividad que deben presentar cierto tipo de señalización. De manera general en el numeral 5, DISPOSICIONES ESPECÍFICAS, establece lo siguiente:

“5.10 Retroreflectividad e iluminación,

5.10.1 Las señales deben ser retroreflectivas o iluminadas, de modo que puedan verse sus colores y forma, tanto en la noche como en el día. Puede requerirse iluminación cuando la retroreflectividad se considera inefectiva; por ejemplo, en señales aéreas. La retroreflectividad, también puede ser inefectiva en algunas áreas con alumbrado público de alta intensidad. Ver también numeral 8.3.9 y cumplir con los requerimientos de la norma ASTM D 4956, mientras no exista norma INEN”.

Las Normas ASTM D 4956, explica el grado de retroreflectividad que deben presentar los elementos de señalización dividido en varios TIPOS, por lo que se recomienda que el técnico del equipo auditor que se encargue de medir la retroreflectividad debe poseer amplios conocimientos de esta norma y revisarla previa la ejecución de la ASV haciendo énfasis en el objetivo propio de la auditoría.

3.4 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE MECANISMOS DE SEGURIDAD VIAL.

- a. **Delineadores.-** Son postes construidos de diferentes materiales, siendo los más conocidos los de mezclas de polímeros, madera e incluso materiales reciclados; pintados según su finalidad y revestidos por un material retroreflectivo; su función principal es la de delinear o delimitar el ancho y proporción de los carriles para que el flujo vehicular se encauce hacia una determinada dirección evitando su entrecruzamiento. Es importante que esta mueblería provea de la

seguridad suficiente en caso de ser impactados y si se encuentran en mal estado que no sean un peligro latente para la seguridad vial.

Existen varios tipos de ellos que se emplean según la finalidad que se busque, así tenemos aquellos que se utilizan para delinear y prevenir de la presencia de obstáculos, delineadores que muestran las curvas, delineadores de seguridad para obras viales, delineadores en guardavías, en barandas para puentes, en barreras de hormigón, etc.

Debido a la gran cantidad de tipos y sus usos correspondientes se recomienda que se revise el Reglamento Ecuatoriano, RTE INEN 004-1:2011, Primera Revisión con el fin de conocer sus características geométricas, de diseño, retroreflectividad, colores, uso etc.



Fotografía 18. Delineadores de Curva
Vía a Tababela



Fotografía 19. Delineadores de Carriles
Parque La Carolina

- b. **Barreras de Seguridad.-** Pueden ser de diverso materiales como plásticos, aluminio, metálicas, etc. Es fundamental que su diseño y material resista la fuerza con la que un vehículo pueda impactar sobre ellas sin que ésta ceda y que no provoquen graves daños ni a los ocupantes ni al vehículo. Son conocidos también como defensas camineras y tiene como finalidad evitar choque entre vehículos que transitan en sentidos opuestos, o contra elementos que puedan estar presentes en la vía, evitan que un vehículo invada el carril adyacente o que el vehículo salga de la vía hacia una zona de peligro para los

peatones, ciclista y para los mismos ocupantes del vehículo. Sus usos son variados como por ejemplo como parte de la señalización, elementos preventivos de accidentes y también en construcciones u obras viales.

Debido a los varios tipos y sus usos correspondientes se recomienda que se revise el Reglamento Ecuatoriano, RTE INEN 004-1:2011, Primera Revisión con el fin de conocer sus características geométricas, de diseño, retroreflectividad, colores, uso etc.



*Fotografía 20. Barrera de Seguridad
Vía a Zámiza*



*Fotografía 21. Barrera de Seguridad Impactada
Vía a Zámiza*

- c. **Amortiguadores de Impacto.-** Son dispositivos que buscan atenuar el impacto de un vehículo contra un objeto presente en la vía, reducen la gravedad del impacto pero no lo evitan. Su funcionamiento consiste en provocar la desaceleración de un vehículo al impactar a estos objetos reduciendo notablemente las consecuencias del choque. Estos dispositivos deben ser utilizados solamente como última opción al existir un elemento peligroso que se encuentre dentro o fuera de la calzada y que represente un peligro potencial y que no pueda ser removido, reubicado o colapsado.



Fotografía 22. Amortiguador de Impacto
Av. Simón Bolívar



Fotografía 23. Se recomienda colocar un Amortiguador de Impacto. Vía a Zámbriza

- d. **Separador Central.-** Conocida también como mediana o en nuestro país como parterre, se utiliza para dividir los dos sentidos de una misma vía, generalmente poseen cierta altura que impide que un vehículo pueda invadir el carril contrario. Son de gran ayuda para la disminución de la accidentabilidad de tránsito, y entre mayor sea su ancho se considera más segura; sin embargo se ha llegado a la conclusión que un dimensión mayor a 10 metros no produce ningún beneficio extra; para nuestro país se recomienda un ancho entre 3 a 10 metros. Pueden estar constituidos de muchas formas como por ejemplo de hormigón, o con plantas mejorando su nivel estético.



Fotografía 24. Parterre Central
Av. Simón Bolívar



Fotografía 25. Parterre Central
Vía a Tababela

- e. **Islas de Tránsito.-** Es un mecanismo de seguridad que se construye entre los carriles de circulación, sirve para dirigir el flujo vehicular en sus diferentes movimientos o si éstos ingresan de una vía a otra,

además sirve como refugio de peatones y ciclista. Sus dimensiones deben ser calculadas de acuerdo al proyecto vial y su implementación debe ser la respuesta a un estudio minucioso debido a que vamos a utilizar cierta área de vía en la cual podrían transitar los vehículos. No debe representar un objeto sorpresivo para los usuarios viales, sino que debe encontrarse debidamente señalizada.



Fotografía 26. Isla de Tránsito
Vía a Tababela



Fotografía 27. Peatón Utilizando Isla
Vía a Tababela

- f. **Bermas.**- Consisten en una franja longitudinal que se encuentra contigua a la zona asfáltica o a la capa de rodadura de la vía, su uso no está destinado para vehículos excepto en casos de emergencia. Son utilizadas en las zonas rurales ayudando en gran medida a la reducción de accidentes sin embargo su ancho no debe ser mayor a 3 metros ya que se ha confirmado que de ser así la tasa de accidentabilidad aumenta. No necesariamente debe estar compuesta por el mismo material de la calzada.

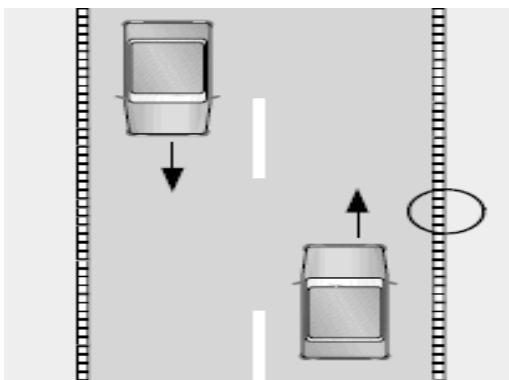


Fotografía 28. Berma Usada por Autos
Descompuestos. Vía Tababela



Fotografía 29. Berma Usada por Ciclistas
Av. Simón Bolívar

- g. **Borde Alertador.**- Este es un mecanismo que consiste en ubicar una demarcación dentada o con cierto grado de rugosidad en los bordes de la calzada o también en la mitad; el objetivo es alertar a los conductores que se encuentran abandonando su área de conducción y que están invadiendo ya sea un carril contrario, una berma o que se encuentran abandonando la vía hacia un lugar peligroso. Los bordes alertadores cumplen la función de realizar un movimiento vibratorio en el vehículo y provocar un sonido diferente al de rodadura normal sobre la calzada lo cual pondrá en alerta a los conductores evitando los accidentes. Otra función que cumple es la de demarcar más claramente la vía sobre todo en circunstancias climáticas adversas como lluvia o neblina.



Fotografía 30. Borde Alertador
www.autoescuelas.cl



Fotografía 31. Borde Alertador
www.conaset.cl

- h. **Tachas y Tachones.**- Sirven También para poder delimitar los carriles de circulación, son de gran utilidad en condiciones climáticas adversas o en la noche en lugares donde la iluminación vial es pobre o nula; bajo ningún concepto pueden remplazar al resto de señalización y siempre se debe verificar su estado y su grado de reflectividad.



*Fotografía 32. Tacha Color Amarillo
Buen Estado. Av. Simón Bolívar*

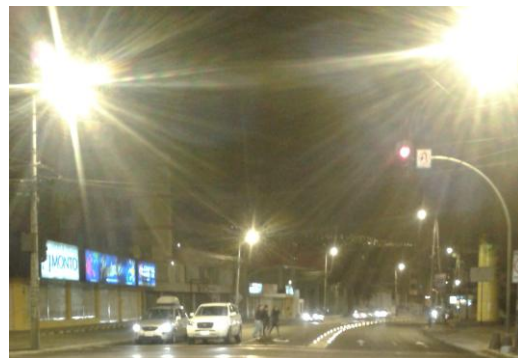


*Fotografía 33. Tacha Color Blanco
Mal Estado. Av. Simón Bolívar*

- i. **Iluminación Vial.-** Es de vital importancia para disminuir el índice de accidentes de tránsito en las vías, ya que debe proveer de la visibilidad necesaria para que todos los usuarios sientan la seguridad y comodidad para su tránsito, sobre todo cuando existen condiciones adversas como son la noche o en situaciones climatológicas de neblina o lluvia. Es importante que la red vial se encuentre iluminada de manera uniforme de tal manera que permita la visualización de algún otro usuario sobre la vía o de algún objeto extraño. Los postes deberían ser frangibles y evitarse al máximo o colocarse fuera de la calzada en zonas que no representen peligro, se recomienda que utilicen soportes aéreos como iluminación catenaria para disminuir el número de postes, sin embargo donde éstos existan deben estar debidamente pintados y señalizados de tal forma que puedan ser advertidos con facilidad.



*Fotografía 34. Postes de Luz colocados
Sobre Parterre. Vía a Tababela*



*Fotografía 35. Iluminación Nocturna Postes
señalización, semáforos, tachas*

- j. **Vallas Peatonales.**- Su función principal es la de lograr la separación entre los peatones y el flujo vehicular en una vía, es decir que debe establecer la diferencia clara entre las áreas destinadas para cada tipo de uso. No se debe pensar que son un mecanismo de protección total para los peatones que sea capaz de soportar la embestida de un vehículo, sino únicamente cumplen la función de segregar un grupo de usuarios de otro. Sus características físicas deben ser tales que el conductor pueda visualizar con claridad que detrás de las vallas existen peatones o ciclistas circulando por el sector para ellos destinado y que se acercan a cruces peatonales, líneas cebras, o que puedan realizar alguna maniobra inesperada, etc.



*Fotografía 36. Vallas Peatonales
C.C. Quicentro Shopping*



*Fotografía 37. Vallas Peatonales
C.C. Quicentro Shopping*

3.5 APLICACIÓN DEL MANUAL A UN CASO DE ESTUDIO ESPECÍFICO.

Como parte del desarrollo de este trabajo investigativo, es necesario aplicar el manual a un caso real de auditoría de seguridad vial, con el fin de emplear su contenido y luego elaborar el informe correspondiente, el cual además servirá como un INFORME TIPO para los auditores ecuatorianos.

Nuestro caso de estudio específico va a comprender Auditar la Retroreflectividad de la Señalización Horizontal y Vertical sobre la vía Collas en un tramos de 3 kilómetros desde el intercambiador a Guayllabamba en dirección Quito -Tababela. (Ver informe en ANEXO "B").

CAPÍTULO IV

4. 1 CONCLUSIONES.

- La práctica de realizar auditorías de seguridad vial en el país no es común, razón por la cual la información respecto a este tema es verdaderamente limitada o nula; no existe un manual que refleje la realidad ecuatoriana y que dirija a los profesionales en la ejecución de este tipo de estudios.
- La capacitación para el talento humano también ha sido muy corta apenas pude registrar un seminario de dos días en el año 2012 y dictado únicamente en las ciudades de Guayaquil y Quito, por lo que el número de profesionales calificados en nuestro país es muy limitado para abarcar a toda la red vial.
- Las ASV pueden ser realizadas en cualquier etapa dentro del proceso de diseño y construcción de una red vial, sin embargo el presente manual se dirige en la metodología para realizar las Auditorías en Caminos Existentes, aunque de manera resumida habla del tipo de auditoría que se recomienda realizar en cada fase de su construcción.
- El Manual abarca los conceptos básicos de ASV detallando y justificando la importancia de su aplicación y los beneficios tanto económicos como sociales que representa su uso en caminos existentes; se establece el procedimiento paso a paso recomendado a seguir, abarcando la cantidad y tipo de profesionales; además establece que se debe evaluar y la o las metodologías para hacerlo, para lo cual pueden ayudarse de los formularios elaborados para el efecto; por último los resultados se plasmarán en el informe correspondiente.

- También se detalla un procedimiento que me permití elaborar, con el fin de determinar la Causa Basal de los accidentes de tránsito, los cuales si bien es cierto únicamente pueden realizar los peritos legalmente reconocidos por el Consejo de la Judicatura, la información obtenida puede ser fundamental para identificar claramente los problemas de seguridad vial y establecer las estrategias aplicables.
- Este manual cuenta con siete Formularios de Verificación, los cuales han sido elaborados intentando abarcar los tópicos más importantes y comunes que se presentan en las carreteras y vías del Ecuador, con la finalidad que sirvan como una herramienta de apoyo a los auditores sin convertirse en el fin mismo del manual.
- Por último se realizó un estudio de caso específico de auditoría de seguridad vial a la retroreflectividad de la señalización horizontal y vertical utilizando los lineamientos que se detallan en el manual, el cual se plasma en un Informe Tipo, el mismo que servirá de base para ejemplificar la manera en la que se deben presentar los hallazgos del trabajo de ASV; de igual forma el manual también explica la estructura y contenido que el informe debe cumplir.

4.2 RECOMENDACIONES.

- El presente manual al ser el primero realizado en nuestro país, está sujeto a evolución positiva, es decir sujeta a cambios y a complementos. En primera instancia se debe perfeccionar el presente manual para que sea aplicable no solamente a caminos existentes, sino también establecer (con ayuda de diferentes grupos de profesionales) la guía para poder auditar una carretera, vía o camino en cualquier fase de su diseño o construcción.
- Se debe socializar el contenido de este manual a todos los organismos, tanto públicos como privados, que se encuentran relacionados de manera directa con la gestión del tránsito, el transporte y los diseños viales, tanto en la parte administrativa como en la operativa, con el fin que se aproveche el talento humano presente en instituciones como Agencia Nacional de Tránsito, Municipios, Policía Nacional, Empresas Constructoras, etc. y se logre una amplia y eficaz capacitación.
- Aplicar el contenido de éste manual a una vía en específico y luego de un período de tiempo considerable evaluar los resultados y comparar si existió o no reducción en la accidentabilidad de tránsito, así mismo se podrá realizar el análisis económico que nos permita establecer que tan rentable fue la aplicación de una auditoría de seguridad vial versus cualquier otra medida de mitigación de accidentes.
- Se debería realizar las gestiones pertinentes para que el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) abra un capítulo en el cual se detalle los lineamientos para la aplicación de ASV en el país y la misma se encuentre debidamente delineada.

BIBLIOGRAFÍA

Documentos:

- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. Secretaría de Tránsito y Transporte. Manual de Auditorías de Seguridad Vial. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2005.
- Arriaga, Mario. Garnica, Paul. Rico, Alfonso. Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México. Publicación Técnica No. 183. México: Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2001.
- AUSTROADS. Auditorías de Seguridad Vial. Australia and New Zealand: Pirie Printers Pty Limited. 2004.
- Calle, Juan. Índice de Seguridad Vial. Medellín: Universidad EAFIT, 2002. 74-81
- Dourthé, Antonio. Salamanca Jaime. Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial. Chile: CONASET. 2013.
- Federal Highway Administration. Auditorías de Seguridad Vial – FHWA. 2006. Estados Unidos de Norteamérica.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1:2011. Ecuador: Primera Edición. 2011.
- Mayoral, Emilio. Contreras, Abel. Chavarría, Jesús. Mendoza, Alberto. Auditoría en Seguridad Carretera. Procedimientos y Prácticas. Publicación Técnica No. 183. México: Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2001.
- Mayoral, Emilio. Contreras, Abel. Chavarría, Jesús. Mendoza, Alberto. Auditoría en Seguridad Carretera. Procedimientos y Prácticas. Publicación Técnica No. 108. México: Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 1998.

Páginas web:

- *www.conaset.cl. Obtenido 19 de agosto de 2014. 02H00.*

- *www.conaset.cl. Obtenido 19 de agosto de 2014. 02H30.*
- *www.ecuavisa.com. Obtenido 26 de junio de 2014. 10H00.*
- *www.eluniverso.com. Obtenido 26 de junio de 2014. 11H00.*
- *www.multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsld...fn=b4.pdf.
Obtenido 12 de mayo de 2014. 20H00.*

ANEXO “A”

FORMULARIOS DE

VERIFICACIÓN

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO	
Nombre del Proyecto:	
Nombre del Técnico:	
Lugar y Dirección:	
Fecha Y Hora:	
Hora:	
Condiciones Climáticas:	
Otros:	

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
1	CONDICIONES GENERALES				
1.1	Si existieron ASV anteriores, Se observaron las recomendaciones propuestas				
1.2	Análisis de reportes de accidentes de tránsito ocurridos				
1.3	Se cuenta con datos de estudios de tráfico, transporte, vialidad, etc.				
1.4	Estado Actual de la vía, permite el ingreso a las propiedades colindantes o adyacentes				
1.5	Estado Actual de la vía, permite el ingreso de o hacia vías adyacentes				
1.6	Los desvíos permiten un tráfico fluido de vehículos, ciclistas, peatones y demás usuarios.				
1.7	La vía cuenta con los mecanismos básicos para mantener limpia el área de circulación				
1.8	La señalización e iluminación son las más adecuadas				
1.9	La superficie de rodamiento provee de la fricción suficiente				
1.10	Se respeta la organización jerárquica de la red vial				
1.11	Se han considerado la planificación futura para la red vial				
1.12	Existe interferencias de tipo vial				
1.13	La vía afecta el paisajismo de ese sector				
1.14	Existen acotamientos y delineadores del camino				
1.15	El drenaje es el adecuado para las aguas superficiales				

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
2	ALINEAMIENTO LOCAL/SECCIÓN TRANSVERSAL				
2.1	La distancia de visibilidad es la adecuada para: la velocidad de tránsito, para identificar objetos u otros usuarios en las intersecciones, o para los ingresos a propiedades particulares.				
2.2	El diseño geométrico empleado es compatible con el límite de velocidad permitido.				
2.3	La dimensión de las bermas es suficiente para albergar a vehículos averiados y para que los vehículos retomen la calzada en caso de pérdida				
2.4	El estado de las bermas permite el uso de todos sus potenciales usuarios (ciclistas, peatones, etc.)				
2.5	El estado y ancho del parterre e islas permite el uso de todos sus potenciales usuarios (ciclistas, peatones, etc.)				
2.6	La vía posee elementos como: alineamiento de calzada definido, material de pavimento removido, líneas de seguimiento del camino de vegetación o de iluminación, etc., que no den oportunidad a confusiones en la camino				
2.7	La señalización horizontal para rebasamiento vehicular está compuesta de la longitud adecuada				
2.8	El peralte empleado en las curvas es el adecuado				
2.9	Existe alguna curva con un contra peralte que pueda poner en riesgo la seguridad del vehículo				
2.10	Los radios de curvatura horizontal son suficientes				
2.11	Los radios de curvatura vertical son suficientes				
2.12	El sistema de drenaje cumple con la evacuación oportuna de las aguas superficiales				
2.13	uros, rejillas y demás elementos constructivos del sistema de drenaje son atravesables				
2.14	Existen interfaces entre caminos nuevos y antiguos				
2.15	Existen las facilidades para que el conductor comprenda claramente cuál debe ser su forma de maniobrar				
2.16	Los giros izquierdos o en "U" hacia carriles preferenciales son estrictamente necesarios				

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
3	INTERSECCIONES				
3.1	Las intersecciones han sido ubicadas al inicio o final de curvas horizontales o verticales				
3.2	Existe señalización suficiente que advierta a los conductores que se acercan a una intersección				
3.3	La visibilidad, al llegar a una intersección, es suficiente para poder identificar a cualquier otro usuario de la vía u obstáculo				
3.4	La distancia que provee la visibilidad a una intersección es suficiente para poder realizar las maniobras pertinentes				
3.5	La distancia que provee la visibilidad a una intersección es suficiente para lograr un correcto encolumnamiento de los vehículos, sobre todo aquellos que deben realizar giros				
3.6	La señalización vertical es la adecuada, provee el mensaje claro y posee las características mínimas de retroreflectividad				
3.7	La señalización horizontal es la adecuada, provee el mensaje claro y posee las características mínimas de retroreflectividad				
3.8	La señalización horizontal delinea adecuadamente la dirección que deben llevar los vehículos en una intersección				
3.9	Los carriles se encuentran debidamente delineados				
3.10	El trazado vial muestra con claridad las intersecciones próximas				
3.11	En las intersecciones se ubicaron sistemas de seguridad que minimicen el conflicto entre vehículos				
3.12	Las islas y parterres se encuentran debidamente alineados de tal forma que sean obvios para el conductor				
3.13	El volumen de capacidad de las intersecciones fue debidamente analizado				
3.14	Existe facilidad para que el conductor comprenda que tipo de maniobras debe realizar				
3.15	Las intersecciones están limpias, libres de asfalto, grava, etc. Que puedan convertirse en un problema de seguridad				

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
4	SEÑALIZACIÓN/ILUMINACIÓN				
4.1	La señalización horizontal y vertical emiten claramente su mensaje				
4.2	El número de señalización horizontal y vertical es el suficiente				
4.3	El número de señalización horizontal y vertical se encuentra en exceso				
4.4	La señalización horizontal y vertical es claramente visible o se encuentran en medio de otros letreros, anuncios, etc., que no permiten su visibilidad de manera adecuada y oportuna				
4.5	La señalización horizontal y vertical cumple con las especificaciones de la norma INEN (tamaño, colores, medidas, formas, etc.)				
4.6	La señalización horizontal y vertical posee la retroreflectividad mínima				
4.7	Para las curvas, la señalización horizontal y vertical puede ser apreciada oportunamente				
4.8	La señalización es clara en condiciones adversas para el conductor (noche, lluvia, niebla, etc.)				
4.9	Los postes o soportes de la señalización son frangibles				
4.10	Los postes o soportes se encuentran fuera de la zona de calzada o representan algún problema de seguridad				
4.11	La señalización horizontal es la suficiente y adecuada para delinear los carriles, borde, parterre, etc.				
4.12	La señalización horizontal muestra con claridad cuál es la ruta que deben seguir los vehículos				
4.13	Si se usan delineadores, estos cumplen con las especificaciones INEN				
4.14	Los semáforos se encuentran ubicados en el número suficiente				
4.15	Los semáforos cumplen con las características mínimas recomendadas (diseño, dimensiones, colores, etc.)				
4.16	Existe suficiente distancia entre los semáforos y el momento en que se percatan los usuarios de la vía para poder tomar decisiones				
4.17	Existe confusión en el mensaje entre varios semáforos debido a sus ubicaciones				

4.18	Las fases de los semáforos son las adecuadas para el cruce de vehículos, personas, ciclistas etc.				
4.19	La iluminación existente provee de una capa uniforme de luz sobre todo la calzada, de tal forma que se puedan apreciar los elementos de la vía como señalización, muros, bermas, etc., u otros obstáculos o elementos ajenos a la vía				
4.20	La iluminación existente disminuye la capacidad de percepción de otros elementos luminosos como por ejemplo los semáforos				
4.21	Se han colocado los postes de luz en una zona que no represente un objeto fijo peligroso				
4.22	Los postes de luz han sido construidos de materiales frangibles				
4.23	Si en la vía existen áreas o elementos que requieren algún tipo de iluminación especial, se las ha provisto.				

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
5	PEATONES/CICLORUTAS				
5.1	Existe infraestructura para que los peatones y ciclistas puedan cruzar de forma segura				
5.2	La infraestructura existente se encuentra debidamente señalizada e iluminada				
5.3	Existe mobiliario vial que segmenta de manera adecuada a los peatones y ciclistas de los vehículos				
5.4	El mobiliario vial esta adecuado para personas de grupos vulnerables como ancianos, personas con discapacidad, niños, etc.				
5.5	Las fases de los semáforos albergan tiempos adecuados para los cruces de peatones y ciclistas				
5.6	Existe señalización suficiente y clara tanto para el día como para la noche				
5.7	Existen pasos a desnivel en zonas de alto tráfico vehicular				
5.8	Los pasos a desnivel permiten con facilidad su acceso a cualquier tipo de usuario de la vía				
5.9	Los conductores y otros usuarios de la vía pueden observarse a lo largo de una calzada, sobre todo en las intersecciones				
5.10	Los anchos de andenes y aceras son suficientes para albergar el libre tránsito de personas y ciclistas				
5.11	Las dimensiones de las islas son suficientes para albergar a personas y ciclistas que esperan su turno para cruzar				
5.12	Las paradas de buses se encuentran ubicadas en zonas que no provoquen maniobras agresivas				
5.13	Las paradas de buses se encuentran ubicadas en zonas que permitan su visualización oportuna para maniobrar				
5.14	Existe la suficiente señalización para identificar claramente a las paradas de buses y tomar las medidas de seguridad				
5.15	Las ciclo rutas son exclusivas				
5.16	El diseño de la ciclo ruta es el suficiente para albergar al volumen de ciclistas				
5.17	Estado físico de la ciclo ruta (baches, zonas no asfaltas, zonas no uniformes)				

5.18	Estado de la mueblería vial de la ciclo ruta (señalización, delineadores, vallas, etc.)				
5.19	Existe un sistema de drenaje adecuado para las aguas superficiales en la ciclo ruta				
5.20	Existe un adecuado sistema para cruzar las vías que no forman parte de la ciclo ruta				
5.21	Las rejas y sumideros no deben representar peligro para el ciclista				

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
6	PAVIMENTO/CALZADA				
6.1	Determinar el estado de la vía (presencia de ahuellamientos, baches, empozamientos, etc.)				
6.2	El estado de la vía da lugar a la formación de grandes acumulaciones de agua que permiten el hidroneo				
6.3	Análisis general del Índice de Fricción Internacional (IFI)				
6.4	Análisis general del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)				
6.5	Análisis general de la Micro y Macrotextura del Pavimento				
6.6	La calzada se encuentra limpia de obstáculos que puedan poner en riesgo la seguridad de los usuarios de la vía				
6.7	Adecuado sistema de evacuación de aguas superficiales				
6.8	Determinación de los Radios de Curvas Horizontales				
6.9	Determinación de los Radios de Curvas Verticales				
6.10	Al inicio o fin de una curva Horizontal se presentan problemas de visibilidad o maniobrabilidad				
6.11	Al inicio o fin de una curva Vertical se presentan problemas de visibilidad o maniobrabilidad				
6.12	Existe transición de curvas horizontales a verticales o viceversa				

FORMULARIO DE VERIFICACIÓN					
No.	TÓPICO DE ANÁLISIS	RESPUESTA			HOJA DE FORMULARIO
		SI	NO	N/A	No: COMENTARIOS/APUNTES
7	MECANISMOS DE SEGURIDAD VIAL Y OTROS				
7.1	Existen mecanismos de seguridad vial que eviten la ocurrencia de accidentes de tránsito o que disminuyan su gravedad				
7.2	Las Bermas tiene el ancho suficiente para que los vehículos averiados puedan estacionarse sin que afecten el flujo normal				
7.3	Las Bermas son demasiado anchas que provocan un problema de seguridad al ser invadidos por los vehículos				
7.4	Las Barreras de seguridad fueron implementadas en el número necesario				
7.5	Las Barreras de seguridad poseen la longitud suficiente para evitar que los vehículos errantes invadan los carriles adyacentes				
7.6	Las Barreras de seguridad son de materiales que eviten graves daños al vehículo que las impacta o a sus ocupantes				
7.7	Las islas de tránsito son suficientes para que vehículos de gran tamaño puedan circular alrededor de ellas sin problemas				
7.8	Las vallas peatonales permiten una adecuada visualización entre conductores y peatones o ciclistas y viceversa				
7.9	La vegetación en parterres, rotondas, islas, etc., no obstaculizan ni entorpecen el mensaje de la señalización o del delineamiento vial				
7.10	El mensaje de la señalización o el delineamiento vial debe ser claro y no cambiar cuando la vegetación crezca				
7.11	La vegetación no debe invadir la calzada ni representar peligro para el vehículo (por ejemplo las ramas de los árboles)				
7.12	Si existen trabajos viales temporales deben estar debidamente señalizados y ubicados a un costado que no permita interacción con el flujo vehicular				
7.13	En las vallas o barreras de seguridad existen huellas de haber sido impactados por vehículos errantes				
7.14	Los carteles y vallas publicitarias están ubicadas en sitios que no distraigan peligrosamente la atención de los conductores				

ANEXO “B”

INFORME TIPO PARA

AUDITORÍAS DE

SEGURIDAD VIAL



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR-MATRIZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TRANSPORTES**

INFORME ELEVADO AL SEÑOR DIRECTOR DE LA MAESTRÍA EN TRANSPORTES, CON RESPECTO A LA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL APLICADA AL ESTUDIO DE LA RETROREFLECTIVIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL DE 3 KM DE LA VÍA COLLAS, TOMADOS DESDE EL INTERCAMBIADOR A GUAYLLABAMBA EN DIRECCIÓN QUITO – TABABELA.

Etapa del Proyecto:	Camino Existente.
Alcance de la Auditoría:	Medir la retroreflectividad de la señalización horizontal y vertical de la Vía Collas y compararla con los valores mínimos establecidos en la Norma INEN, en un tramo de 3 km considerados desde el intercambiador a Guayllabamba en el sentido Quito – Tababela.
Ubicación:	Quito – Pichincha.
Fecha:	11 de Agosto de 2014.
Integrantes del Equipo Auditor:	Ing. Luis Javier Guerrero Moyano.
Acreditación de los Integrante del equipo ASV:	Máster en Transportes (PUCE)
Nombre Entidad Contratante:	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
No. De Informe:	2014-001-LG

ANTECEDENTES

- La nueva ruta “COLLAS”, que une a la ciudad de Quito con el nuevo aeropuerto Mariscal Sucre, fue inaugurada el pasado 31 de julio del presente año. Su longitud es de 11,7 km y permite reducir considerablemente el tiempo de traslado desde el DMQ hasta el aeropuerto en Tababela, su recorrido se lo realiza en aproximadamente 15 minutos.
- Ésta vía se encuentra provista de señalización tanto vertical como horizontal en toda su longitud, se establece que aproximadamente 8000 vehículos diarios recorren esta vía, por lo que la convierte en la principal vía de acceso al aeropuerto.
- Documentos utilizados:
 - ✓ Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1:2011, PRIMERA REVISIÓN. SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL.
 - ✓ Reglamento Técnico Ecuatoriano NTE INEN 1 042:2009, CUARTA REVISIÓN. PINTURAS PARA SEÑALAMIENTO DE TRÁFICO. REQUISITOS.

- ✓ Reglamento Técnico Ecuatoriano NTE INEN 2 289:2009, PRIMERA REVISIÓN. DEMARCADORES RETROREFLECTIVOS PARA PAVIMENTOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN.
- ✓ Formularios de Verificación elaborados para el efecto.
- Mapa de localización del proyecto:



RESULTADOS ENCONTRADOS:

- La presente auditoría fue realizada bajo condiciones climáticas de lluvia de poca intensidad durante todo el levantamiento de información, de igual forma la calzada se encontraba mojada debido a que la noche anterior también había llovido.
- Utilizando el equipo de retroreflectividad para señalización vertical, propiedad de la PUCE y conjuntamente con personal de apoyo y seguridad de la Policía Nacional, se procedió a levantar la información correspondiente a los valores candelas/luz/metro cuadrado (cd/lux/m²) de 187 señales verticales que se encuentran dispuestas a lo largo del tramo de 3 km de la vía "COLLAS" considerados desde el intercambiador a Guayllabamba en el sentido Quito – Tababela, como se detalla a continuación:

Señalización Vertical:

- 81 Señales Preventivas:

SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA			39	580	355
AMARILLO			40	550	344
ORD.	0.2º	0.5º	41	538	343
1	489	314	42	571	352
2	478	314	43	573	346
3	476	312	44	552	348
4	492	320	45	522	333
5	458	305	46	549	345
6	517	332	47	509	324
7	474	306	48	551	348
8	491	315	49	504	337
9	479	305	50	571	351
10	483	314	51	524	338
11	540	341	52	438	280
12	538	346	53	404	264
13	545	347	54	471	300
14	539	348	55	509	322
15	511	329	56	621	377
16	509	325	57	485	296
17	540	343	58	480	298
18	567	361	59	552	353
19	552	349	60	563	411
20	560	364	61	550	346
21	563	352	62	548	393
22	570	353	63	554	415
23	538	342	64	549	417
24	542	348	65	579	381
25	549	352	66	556	350
26	579	366	67	576	371
27	573	355	68	522	336
28	578	357	69	600	363
29	533	343	70	540	342
30	516	335	71	523	341
31	525	328	72	569	350
32	546	342	73	554	345
33	561	351	74	531	342
34	602	371	75	490	308
35	608	368	76	542	343
36	588	364	77	518	321
37	592	371	78	525	330
38	523	355	79	492	319
			80	447	303
			81	477	306
			Σ:	43183	27630
			PROMEDIO	533,12	341,11

- 89 Delineadores:

DELINEADORES				
ORD.	ROJO		BLANCO	
	0.2º	0.5º	0.2º	0.5º
1	97,3	76,4	272	174
2	80,2	64,9	376	247
3	108	77,8	427	293
4	113	82,8	380	265
5	109	80,2	285	197
6	86,2	65,3	399	375
7	89,6	68,7	452	311
8	80,6	59,8	382	267
9	87,3	67,8	479	319
10	113	83,3	408	278
11	112	82,2	483	317
12	105	77,7	378	264
13	106	75,6	450	305
14	106	82,3	460	337
15	99	74,9	509	334
16	109	84,7	426	288
17	95,3	70,4	475	304
18	108	81,5	508	343
19	116	88,4	510	350
20	108	79	482	313
21	111	81,3	494	336
22	91,3	71,1	560	368
23	99,2	73,5	472	326
24	111	81,8	398	281
25	101	72,9	458	295
26	92	68,7	479	321
27	104	79,6	515	347
28	86,5	65,6	498	332
29	95,5	71	350	244
30	95,6	70,8	406	269
31	90,2	69,4	477	308
32	88,3	66,8	450	303
33	96,4	74,6	486	320
34	94,1	69,3	433	303
35	102	75,5	457	307
36	110	82,3	532	360
37	90,7	70,9	537	339
38	93,6	72,6	492	314
39	98,7	72,5	405	296
40	104	76,8	506	345
41	79,9	58,7	556	371
42	88,7	66,7	434	303
43	89,2	65,3	471	308
44	84,9	60,8	487	328
45	81,3	61,5	441	278
46	87,5	67,4	492	320
47	88,2	67,2	460	302
48	98,1	74,5	497	319
49	89,3	68,4	471	316
50	90,1	70,2	470	314
51	90,3	67,2	471	321
52	87,8	68,3	484	315
53	86,2	72,8	451	366
54	88,3	60,9	433	319
55	86,9	62,4	481	308
56	92,1	66,1	485	313
57	88,7	71,4	507	321
58	90,2	69,9	521	307
59	105	77,9	299	199
60	71,2	51,4	589	376
61	107	81,3	541	358
62	83,4	62	485	338
63	75,4	61,7	518	336
64	98,3	73,6	578	377
65	87,6	64,3	511	338
66	91,6	72,5	511	351
67	86,4	67,6	500	353
68	83,4	63,5	579	384
69	81,1	64,6	503	345
70	91,5	68,5	593	396
71	72,3	56,4	480	311
72	111	80,3	525	358
73	94,4	72,7	539	348
74	102	75,2	631	403
75	76,8	59	571	352
76	92,2	71	503	349
77	84,7	66,8	597	398
78	64,6	49,9	570	378
79	97,8	72,2	553	380
80	106	79,3	587	409
81	100	77,6	580	413
82	89,5	66,5	376	292
83	85,9	68,7	557	365
84	95,4	72	468	307
85	65,9	51,3	478	323
86	64,8	52,1	476	321
87	63,9	53,6	481	327
88	66,1	55,2	496	342
89	62,4	58,3	473	391
Σ:	8228,9	6237,4	42706	28842
PROMEDIO	92,46	70,08	479,84	324,07

- 5 Señales de Información:

SEÑALES DE INFORMACIÓN VIAL		
	VERDE	
ORD.	0.2º	0.5º
1	98,1	62,8
2	119	71,4
3	131	75,3
4	124	75,7
5	102	63
Σ:	574,1	348,2
PROMEDIO	114,82	69,64

- 5 Señales Turísticas:

SEÑALES TURÍSTICAS		
	CAFÉ	
ORD.	0.2º	0.5º
1	37,9	25,8
2	42,3	28,9
3	37,3	25,4
4	37,3	26
5	42,1	29,2
Σ:	196,9	135,3
PROMEDIO	39,38	27,06

- 7 Señales Regulatorias:

SEÑALES REGULATORIAS				
	BLANCO		ROJO	
ORD.	0.2º	0.5º	0.2º	0.5º
1	699	442		
2	710	448		
3	701	436		
4	696	423		
5	694	438		
6	674	411		
7			169	111
Σ:	4174,00	2598,00		
PROMEDIO	695,67	433,00	169	111

- Para Señales Regulatorias la norma INEN establece como valor mínimo de retroreflectividad al TIPO III; sin embargo para la señalización Preventiva, Señales de Información Vial y Señales Turísticas no establece valores mínimos; por lo tanto vamos a tomar a la retroreflectividad TIPO III como la mínima aceptable para todo este tipo de señalización.
- Para Delineadores la norma INEN establece como valor mínimo de retroreflectividad al TIPO IV.
- Con respecto a la **SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA** se observa que absolutamente todas las 81 señales (color amarillo) medidas se encuentra muy por encima del valor mínimo que establece la norma INEN es decir el TIPO III, para ángulos de observación de 0,2º y 0,5º ; con ángulo de entrada de -4º según la siguiente tabla:

Tipo de Material Retroreflectivo	Angulo de Observación	Angulo de Entrada	Coeficientes Mínimos Retroreflectividad según Color (cd.lx ⁻¹ .m ²)						
			Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón(*)
Tipo III	0.2º	-4º	250	170	45	45	4.5	20	12
	0.2º	+30º	150	100	25	25	2.5	11	8.5
	0.5º	-4º	95	62	15	15	1.5	7.5	5.0
	0.5º	+30º	65	45	10	10	1.0	5	3.5

- En promedio de los valores tomados para el ángulo de observación de 2º la señalización alcanza una retroreflectividad casi de TIPO VIII (660 cd.lx⁻¹.m⁻²)
- Y, en promedio, para un ángulo de observación de 5º la señalización alcanza una retroreflectividad casi de TIPO VII. (200 cd.lx⁻¹.m⁻²)
- De idéntica forma los valores de retroreflectividad de los **DELINEADORES** superan ampliamente el mínimo establecido por la norma INEN el cual es TIPO IV, tanto para los colores rojo como blanco:

Tipo de Material Retroreflectivo	Angulo de Observación	Angulo de Entrada	Coeficientes M ínim os Retroflectividad según Color (cd.lx ⁻¹ .m ⁻²)						
			Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón(*)
			TipoIV	0.2°	-4°	250	170	35	35
0.2°	+30°	80		54	9	9	9	5	2
0.5°	-4°	135		100	17	17	17	10	4
0.5°	+30°	35		37	6.5	6.5	6.5	0.5	1.4

- Para el color rojo, en promedio de los valores tomados para el ángulo de observación de 2º la señalización alcanza una retroreflectividad casi de TIPO VII (98 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- Para el color rojo, en promedio de los valores tomados para el ángulo de observación de 5º la señalización alcanza una retroreflectividad casi de TIPO VII (70 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- Para el color blanco, en promedio de los valores tomados para el ángulo de observación de 2º la señalización alcanza una retroreflectividad mayor a la del TIPO VII (430 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- Para el color blanco, en promedio de los valores tomados para el ángulo de observación de 5º la señalización alcanza una retroreflectividad mayor que le valor más alto reportado que es el TIPO VII (250 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- Las **SEÑALES DE INFORMACIÓN** tienen valores de retroreflectividad superiores al mínimo establecido TIPO III:

Tipo de Material Retroreflectivo	Angulo de Observación	Angulo de Entrada	Coeficientes M ínim os Retroflectividad según Color (cd.lx ⁻¹ .m ⁻²)						
			Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón(*)
			TipoIII	0.2°	-4°	250	170	45	45
0.2°	+30°	150		100	25	25	25	11	8.5
0.5°	-4°	95		62	15	15	15	7.5	5.0
0.5°	+30°	65		45	10	10	10	5	3.5

- En promedio tenemos que para 2º la señalización es casi TIPO V (120 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- Y para 5º es muy superior al máximo que es el de TIPO VI (28 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- Para las **SEÑALES TURÍSTICAS**, tenemos el mismo resultado, la señalización es muy superior a la base establecida la cual es:

Tipo de Material Retroreflectivo	Angulo de Observación	Angulo de Entrada	Coeficientes M ínim os Retroflectividad según Color (cd.lx ⁻¹ .m ⁻²)						
			Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón(*)
			TipoIII	0.2°	-4°	250	170	45	45
0.2°	+30°	150		100	25	25	25	11	8.5
0.5°	-4°	95		62	15	15	15	7.5	5.0
0.5°	+30°	65		45	10	10	10	5	3.5

- El valor promedio de retroreflectividad obtenido en la Señalización Turística se encuentra muy por encima del máximo que se establece en la norma INEN para este tipo de señal, el cual es el de TIPO III.

- Para las **SEÑALES REGULATORIAS** tenemos los siguientes valores establecidos en la norma INEN:

Tipo de Material Retroreflectivo	Angulo de Observación	Angulo de Entrada	Coeficientes Mínimos Retroreflectividad según Color (cd.lx ⁻¹ .m ⁻²)						
			Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón(*)
Tipo III	0.2°	-4°	250	170	45	45	4.5	20	12
	0.2°	+30°	150	100	25	25	25	11	8.5
	0.5°	-4°	95	62	15	15	15	7.5	5.0
	0.5°	+30°	65	45	10	10	10	5	3.5

- En promedio podemos observar que para el color blanco a 2º la retroreflectividad llega casi a ser TIPO V (700 cd.lx⁻¹.m⁻²), mientras que para 5º es mayor que el máximo que es TIPO VII (250 cd.lx⁻¹.m⁻²).
- De igual forma la retroreflectividad en el color rojo esta muy por encima del máximo TIPO III que establece la norma INEN.

Señalización Horizontal:

El Reglamento Técnico Ecuatoriano NTE INEN 1 042:2009, CUARTA REVISIÓN. PINTURAS PARA SEÑALAMIENTO DE TRÁFICO. REQUISITOS, en la sección 6.1.2.25, Características de señalización aplicadas al pavimento, establece a los siguientes como los valores aceptados para la retroreflectividad de la pintura en los pavimentos dependiendo de ciertas condiciones:

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

- Para la Señalización Horizontal se procedió a tomar la información correspondiente a los valores milicandelas/luz/metro cuadrado (mcd/lux/m²) en 50 puntos diferentes a lo largo del tramo de 3 km tanto para la pintura de señalización de pavimentos de color Blanco y Amarillo, como se detalla a continuación:

SEÑALIZACIÓN EN PAVIMENTOS		
Ord.	BLANCO	AMARILLO
1	538	186
2	463	200
3	497	110
4	448	99
5	438	135
6	405	140
7	439	173
8	443	126
9	399	136
10	449	135
11	445	135
12	509	107
13	500	104
14	494	127
15	518	108
16	524	102
17	426	104
18	419	112
19	384	103
20	512	101
21	518	65
22	544	115
23	545	87
24	521	101
25	514	104

26	407	125
27	413	116
28	442	113
29	440	95
30	493	123
31	491	105
32	497	114
33	459	101
34	487	97
35	410	85
36	529	102
37	457	76
38	442	108
39	386	78
40	359	112
41	408	165
42	520	244
43	564	255
44	522	249
45	556	251
46	463	242
47	472	230
48	464	239
49	514	208
50	453	220
Σ:	23540	6868
PROMEDIO	470,8	137,36

- Para el color amarillo ninguna de las 50 medidas tomadas cumple con el valor máximo de retroreflectividad que es de $325 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$, ni tampoco para el valor medio, el cual se refiere a la recuperación de la calzada en estado húmedo que es de $275 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$.
- Para el valor mínimo que establece la norma INEN el cual es de $75 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$, 49 medidas tomadas cumplen con este mínimo, sin embargo se registró también un valor menor equivalente a $65 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$.
- Con respecto a la señalización horizontal de color blanco, podemos observar que 47 medidas se encuentra sobre el valor máximo que establece la norma INEN que es de $400 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$, mientras que 3 no cumplen con el máximo pero si con el valor medio que es de $350 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$ para recuperación en estado húmedo.
- En promedio la señalización horizontal de color blanco posee una retroreflectividad de $470,8 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$ la cual supera al máximo que establece la norma INEN que es de $400 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$.
- El color amarillo, en promedio, posee una retroreflectividad de $137,36 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$ la cual esta por debajo de los dos valores máximos $325 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$ y $275 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$, sin embargo se encuentra por encima de $75 \text{ mcd.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$, se debe considerar que la misma norma INEN indica que se debe esperar una razonable diferencia debido a la aplicación sobre vías muy ásperas o a las diferencias de microesferas de vidrio.

CONCLUSIONES:

- Las 187 señales Verticales poseen valores de retroreflectividad muy por encima de los valores máximos que establece la Norma INEN Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1:2011, PRIMERA REVISIÓN. SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL.

- La señalización horizontal de color blanco cumple con valores de retroreflectividad mayores a los máximos establecidos en la Reglamento Técnico Ecuatoriano NTE INEN 1 042:2009, CUARTA REVISIÓN. PINTURAS PARA SEÑALAMIENTO DE TRÁFICO. REQUISITOS.
- La señalización horizontal de color amarillo no cumple con valores de retroreflectividad máximos y medios establecidos en la Reglamento Técnico Ecuatoriano NTE INEN 1 042:2009, CUARTA REVISIÓN. PINTURAS PARA SEÑALAMIENTO DE TRÁFICO. REQUISITOS, sin embargo si son superiores al valor mínimo que deben cumplir cuando se trata de condiciones de HUMEDAD CONTÍNUA.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda que se revise la pintura y microesferas utilizadas en la ruta "COLLAS" en la demarcación horizontal de color amarillo, para que se tomen las medidas oportunas para mejorar su retroreflectividad.
- Una vez tomadas las medidas correctivas para la señalización horizontal de color amarillo se debe realizar una nueva auditoría con el fin de verificar los resultados obtenidos.
- Se recomienda que se realice mantenimiento a la señalización vertical, dirigido especialmente a la limpieza de la misma, al retiro de polvo y otras impurezas que disminuyen la verdadera capacidad de retroreflección.

DECLARACIÓN FORMAL:

- La auditoría de seguridad vial dirigida a medir la retroreflectividad de la señalización horizontal y vertical de 3 km de la vía COLLAS, considerada desde el desvío a Guayllabamba en sentido Quito - Tababela, fue realizado en condiciones climáticas de lluvia de poca intensidad, la cual se mantuvo durante todo el proceso de levantamiento de información.
- Se tomaron previsiones y las normas de seguridad correspondientes para evitar accidentes de tránsito o ser víctimas de un hecho delictivo, para este efecto se pidió colaboración al Distrito de Policía Eugenio Espejo de la Policía Nacional, quienes gentilmente me facilitaron la ayuda de dos profesionales policías, quienes se encontraban debidamente uniformados con prendas reflectivas, su armamento y equipo de dotación, un vehículo patrullero y 10 conos.
- Las mediciones fueron tomadas con los equipos de retroreflectividad, tanto para señalización horizontal como vertical, que son de propiedad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. El recorrido fue medido con un equipo GPS y comprobadas con el tacómetro del mismo vehículo policial.
- Previo al levantamiento de información se revisó las diferentes normas INEN en que se contemplan las disposiciones reglamentarias en cuanto a retroreflectividad de la señalización horizontal y vertical, los mismos que se detallaron anteriormente, esto

con el fin de establecer los valores máximos y mínimos de retroreflectividad que la diferente señalización debe presentar; con este análisis se elaboró un formulario de verificación que fue muy útil para levantar los valores sin pérdidas de tiempo.

- Una vez obtenidos los resultados se hizo la comparación respectiva de todos y cada una de las medidas obtenidas con lo que establece la Norma INEN, cuyos resultados arrojados sirvieron para determinar las condiciones en que se encuentra la señalización y en los casos que no cumplen con los valores mínimos sirvió para poder establecer las recomendaciones pertinentes.

Atentamente,

Cptn. Luis Javier Guerrero Moyano
INGENIERO CIVIL
CI. 060312083-3

ANEXO FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Retroreflectividad tomada en Señal Regulatoria



Fotografía 2. Retroreflectividad tomada en Señal Preventiva



Fotografía 3. Retroreflectividad tomada a Delineador



Fotografía 4. Apoyo de la Policía Nacional en las medidas de seguridad



Fotografía 5. Retroreflectividad tomada en Señal Regulatoria



Fotografía 6. Mediciones tomadas con las medidas de seguridad



Fotografía 7. Preparación del equipo para medir la retroreflectividad horizontal



Fotografía 8. Retroreflectividad horizontal sobre pintura de pavimento color amarillo



Fotografía 9. Retroreflectividad horizontal sobre pintura de pavimento color blanco



Fotografía 10. Retroreflectividad horizontal en diferentes puntos sobre el tramo de 3 km



Fotografía 11. Medidas de seguridad con ayuda de la Policía Nacional



Fotografía 12. Medición de milicandelas/luz/metro cuadrado