



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

CONSIDERACIONES DEL FACTOR HUMANO EN EL SISTEMA VIAL PARA LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SU SEVERIDAD

Gonzalo Ruesta-Izaguirre

Piura, febrero de 2016

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

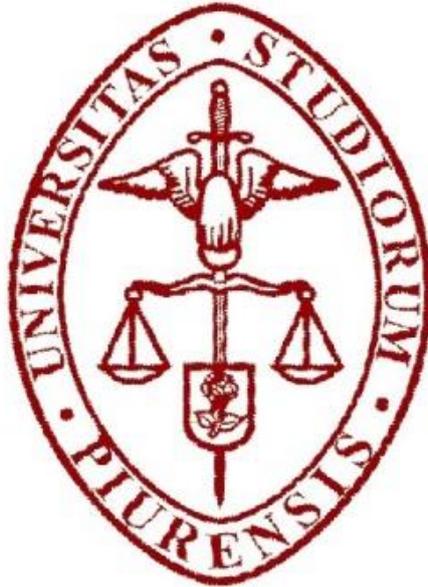
Ruesta, G. (2016). *Consideraciones del factor humano en el sistema vial para la reducción de accidentes de tránsito y su severidad* (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**CONSIDERACIONES DEL FACTOR HUMANO EN EL SISTEMA VIAL PARA
LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y SU SEVERIDAD**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

GONZALO MIGUEL RUESTA IZAGUIRRE

ASESOR: ING. JORGE TIMANÁ ROJAS

Piura, Febrero 2016

Dedico esta tesis a Dios y a María Auxiliadora, por darme día a día las fuerzas para seguir adelante. A mis padres, Elia y Miguel, quienes me brindaron su apoyo y motivación en todo momento.

Prólogo

Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muertes alrededor del mundo. De los tres factores que componen el sistema vial, el factor humano (el usuario de la vía) es el de mayor relevancia debido a que es considerado como el principal responsable de la gran mayoría de los accidentes de tránsito. Ante esta situación diversos estudios se vienen desarrollando a nivel mundial con la finalidad de hallar las mejores medidas y estrategias que permitan solucionar este problema que va cada vez en aumento.

Debido a que la mayoría de los accidentes se deben a errores humanos inducidos por las características del sistema vial y no a actitudes irresponsables; comprender cómo, porqué y cuándo se dan los errores parece lo más conveniente y esto puede ser logrado mediante el enfoque de la psicología de tránsito.

Los ingenieros necesitan conocer a sus clientes finales, los usuarios de las vías; comprender cómo es que funciona la mente del conductor y porqué se producen los accidentes, qué motiva las conductas riesgosas, como facilitar la tarea de conducir con el fin de reducir la ocurrencia de accidentes de tránsito y como proteger a los usuarios más vulnerables (ciclistas y peatones). De este modo se podrá proponer medidas efectivas que no solo reduzcan el número de accidentes sino también su severidad.

Resumen

La presente tesis tiene como finalidad resaltar la importancia de comprender al factor humano y el origen de los accidentes de tránsito relacionados con este, mediante el uso de la psicología de tránsito, de tal manera que se puedan proponer medidas y estrategias adecuadas para reducir el número de accidentes de tránsito y su severidad.

El ser humano es un ser impredecible y propenso a cometer errores por lo que es de suma importancia comprender su mente y su comportamiento para determinar cómo podemos mejorar su seguridad en las vías. Las medidas que propone la psicología de tránsito buscan controlar su comportamiento, facilitar la tarea de conducir y reducir la severidad de los accidentes a través de las características de las vías, las cuales pueden ser responsables también de accidentes de tránsito.

La evaluación de un entorno vial en particular como la Región Piura, desde el punto de vista de la psicología de tránsito, deja en evidencia la necesidad de adoptar este enfoque para determinar las causas verdaderas de los accidentes de tránsito relacionados al factor humano y así poder proponer medidas mucho más efectivas que logren tener el resultado esperado.

Índice general

Introducción	1
Capítulo 1	3
El factor humano y la psicología de tránsito	3
1.1. El factor de tránsito más influyente	3
1.1.1. El conductor.....	5
1.2. Conduciendo en un sistema inseguro.....	9
1.3. Buscando un sistema seguro	10
1.4. Haciendo uso de la psicología	11
Capítulo 2	15
Análisis del comportamiento y las limitaciones del factor humano	15
2.1. Análisis del comportamiento	15
2.1.1. Control del usuario de la vía por consecuencias.....	16
2.1.2. Control del usuario de la vía por antecedentes	17
2.1.3. Control por reglas	19
2.1.4. Adaptación del comportamiento.....	19
2.2. Análisis de la influencia de los factores humanos	21
2.2.1. ¿Qué son los factores humanos?.....	21
2.2.2. Variabilidad del desempeño	21
2.2.3. Limitaciones del desempeño	22
2.2.4. Prevención, tolerancia y recuperación de errores	25
Capítulo 3	33
Prevención e identificación de accidentes	33
3.1. Auditoría de seguridad vial.....	33
3.1.1. Beneficios de las auditorías de seguridad vial.....	33
3.1.2. Objetivos de las auditorías de seguridad vial	34
3.1.3. Etapas para la realización de auditorías en carreteras nuevas	34
3.1.4. Auditoría de seguridad vial en carreteras abiertas al tránsito.....	37
3.2. Tramos de concentración de accidentes.....	38
3.2.1. Análisis de tramos de concentración de accidentes.....	38
Capítulo 4	43
Medidas para el control de la velocidad	43
4.1. Control de la velocidad	43
4.1.1. Vulnerabilidad del factor humano	43
4.1.2. Incidencia de la velocidad en los accidentes	45
4.1.3. El Sistema seguro de tránsito.....	46

4.2.	Establecimiento de los límites de la velocidad en función de la jerarquía y función de la carretera.....	46
4.3.	Métodos de vigilancia y control de la velocidad	47
4.4.	Uso de penalizaciones.....	47
4.5.	Campañas publicitarias de seguridad vial.....	48
4.6.	La moderación del tránsito	49
4.6.1.	Beneficios potenciales e impactos.....	49
4.6.2.	Aplicabilidad a escenarios y carreteras	52
4.6.3.	Algunas reglas básicas.....	53
4.6.4.	Separación y Frecuencia de Medidas	53
4.6.5.	Medidas para reducir la anchura aparente	54
4.6.6.	Medidas para moderar el tránsito incorporando desviación.....	59
4.7.	Medidas de Gestión de Tránsito	66
4.7.1.	Restricción de los movimientos de vehículos a través del diseño de la calle 67	
4.7.2.	Medidas reglamentarias para restringir los movimientos de vehículos....	67
Capítulo 5	69
El factor humano y los accidentes de tránsito en la Región Piura	69
5.1.	Un desarrollo accidentado	69
5.1.1.	La importancia del registro de accidentes de tránsito.....	72
5.2.	Deficiencias en el sistema vial y su relación con los accidentes de tránsito en la Región Piura	74
5.2.1.	Exceso de velocidad	74
5.2.2.	Imprudencia del conductor	82
5.2.3.	Ebriedad del conductor.....	86
5.2.4.	Imprudencia de los peatones.....	87
Conclusiones	91
Bibliografía	93

Introducción

Durante mucho tiempo se ha considerado al factor humano como el principal responsable de los accidentes de tránsito, lo que ha llevado a que usualmente se dé mucha importancia a medidas como el uso de campañas publicitarias para promover un comportamiento más seguro en las vías y reducir el número de accidentes. Si bien las campañas pueden tener relativo éxito, estas se consideran poco efectivas especialmente si no son acompañadas con una rigurosa aplicación de la ley.

Lo cierto es que en el mundo muchos de los accidentes que ocurren diariamente no solo son causados por conductas imprudentes sino por simples errores humano inducidos, muchas veces, por las características del sistema vial. A partir de esta realidad nace la psicología de tránsito.

El siguiente documento busca resaltar la importancia de la psicología de tránsito la cual busca comprender la mente de los usuarios de las vías, especialmente la de los conductores, para conocer cómo, por qué y cuándo se dan los errores que derivan en accidentes de tránsito y cómo las características de la vía influyen en estos, de tal manera que se puedan proponer nuevos criterios a la hora de diseñar medidas o estrategias que permitan reducir la ocurrencia de accidentes.

La vulnerabilidad física de los usuarios de las vías a las lesiones es otro punto a considerar en este documento. La importancia de considerar medidas de seguridad que beneficien a todos los usuarios de las vías al momento de diseñar un sistema vial, especialmente a los más vulnerables como lo son los peatones y los ciclistas, es un punto importante a resaltar.

Además se busca destacar la relevancia de la velocidad en los accidentes de tránsito, como un factor que incrementa no solo su probabilidad de ocurrencia sino además la probabilidad de sufrir un accidente con lesiones graves o mortales.

Capítulo 1

El factor humano y la psicología de tránsito

1.1. El factor de tránsito más influyente

En el sistema de tránsito se combinan tres factores o componentes: humano, vehicular y ambiental. Estos factores se conocen como la “trilogía vial”. La **Figura 1**. Muestra en cada uno de sus vértices los tres factores que interactúan en el sistema de tránsito:

El factor vehicular, hace referencia al móvil que circula por la vía pública, sea un vehículo automotor o de tracción a sangre¹: autos, colectivos, motocicletas, carros, bicicletas, etc.

El vehículo debe contar con una serie de requisitos de seguridad activa y pasiva para poder circular en perfectas condiciones por la vía pública. Se denomina seguridad activa al conjunto de dispositivos sobre los cuales el conductor puede actuar directamente, y está pensada para dar garantía del buen funcionamiento de un vehículo cuando está en movimiento: son los sistemas de frenado, suspensión, neumáticos, iluminación, etcétera. En cambio, la seguridad pasiva se define como aquella encaminada a minimizar las consecuencias sobre el pasajero en caso de que se produzca un accidente. Estos dispositivos son: el cinturón de seguridad, el airbag o bolsa de aire, el apoyacabezas, entre otros.

También deben tenerse en cuenta los dispositivos de seguridad para las bicicletas y las motocicletas. Estos vehículos también deben contar con un óptimo estado de mantenimiento, fundamentalmente el sistema de frenado. El uso de casco es fundamental para ellos.

¹ Vehículos de tracción a sangre: Son los vehículos no motorizados, propulsados por la fuerza humana o animal (bicicletas y triciclos).

La mayor parte de las lesiones que sufren los conductores de motocicletas y bicicletas en accidentes de tránsito se localizan en la cabeza: por ello el uso del casco es un requisito imprescindible para la seguridad. El casco disminuye la posibilidad de lesiones en la cabeza en un 85% (Ministerio de educación, 2014).

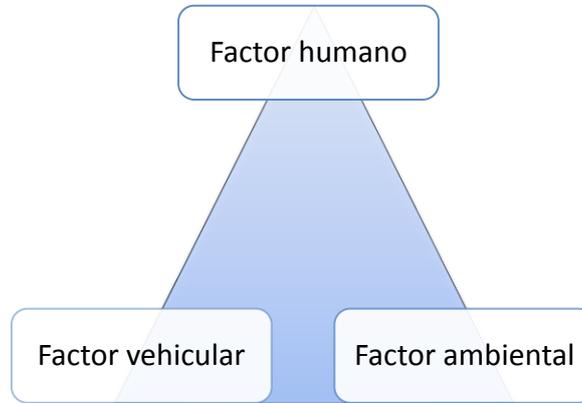


Figura 1. Trilogía Vial

Fuente: Adaptado de “Educación del transeúnte”

El factor ambiental está integrado por el camino, su estructura vial, la señalización de tránsito vertical, luminoso y horizontal; el camino debe estar en perfectas condiciones para ser circulado por todo tipo de vehículos. Aquí se incluyen:

- ✓ **Condiciones del medio ambiente**, externas al vehículo, que pueden afectar la concentración y la conducción, como el tránsito pesado, el mal clima y las reparaciones en la ruta. Y además condiciones del vehículo, tales como pasajeros que provocan distracción, música alta, celulares, etcétera.
- ✓ **Fenómenos naturales peligrosos:** ciertas condiciones naturales hacen que las rutas sean más peligrosas en determinados momentos: cuando hay niebla, polvo, humo, lluvia o rutas mojadas, nieve, hielo o barro, vientos fuertes.

Cada uno de los factores antes mencionados tienen responsabilidad en los accidentes de tránsito, pero la mayor responsabilidad ha recaído generalmente en el factor humano. A lo largo de los años diversos estudios sobre accidentes de tránsito han sido unánimes al señalar al factor humano (usuario de la vía) como la causa dominante de los accidentes. El desempeño del conductor y su escape de las colisiones dependen de sus habilidades, juicio, anticipación, bienestar físico y mental. Consistentemente las causas más frecuentes de accidentes han sido la falla humana asociada a la velocidad, la imprudencia de los conductores y la conducción en estado de ebriedad. La responsabilidad del factor humano en la producción de accidentes se cifra aproximadamente en el 90% de los casos.

Los usuarios de la vía vienen en todo tipo de formas y tamaños y pueden estar en la calzada en una variedad de propósitos. Pero la mayoría de individuos están en proceso de traslado en un modo u otro, como peatón, ciclista, conductor

o pasajero. Se tiene como interés a los usuarios activos del sistema, aquellos cuyas acciones pueden directamente influenciar en la seguridad resultante. Este por lo tanto incluye a todos los usuarios excepto a los pasajeros. Y entre esos usuarios activos, serán principalmente y no exclusivamente, de importancia los conductores de vehículos, porque sus acciones son por mucho los factores más significantes y contribuyentes en los accidentes de carreteras (Ministerio de educación, 2014). Sin embargo es muy probable que el problema no sea sólo el conductor peligroso, sino el sistema inseguro.

1.1.1. El conductor

Se define como aquel sujeto que va al mando de un vehículo. Se podría decir que el conductor es el cerebro del vehículo.

Legalmente, el conductor es la persona capacitada para guiar un vehículo, que ha reunido los requisitos exigidos, en consecuencia, la licencia habilitante que otorga la autoridad competente.

Del conductor depende, una vez haya fijado su destino, la elección de una u otra ruta para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento.

Esta libertad de elección, a pesar de tener un componente subjetivo y relativamente aleatorio, inherente a la propia naturaleza humana del conductor, normalmente está influenciada por gran cantidad de factores, tanto externos como internos, que afectan tanto a la vía como al propio conductor y al vehículo que gobierna.

Para poder comprender el comportamiento del conductor es necesario conocer los factores que afectan su comportamiento. Bañon Blázquez & Beviá García (2000), establecen la siguiente clasificación:

1.1.1.1. Factores internos

El amplio uso de vehículos particulares, permite encontrar al volante desde alegres universitarios de 18 años hasta apáticos jubilados de más de 70, lo cual nos indica que existe una amplia variedad de actitudes durante la conducción, las cuales dependen de factores permanentes o temporales del conductor, que a su vez son consecuencias de sus rasgos psicológicos y de su condición física.

A. Factores psicológicos

Son aquellos factores de tipo psicológico y anímico que afectan tanto al comportamiento como a la toma de decisiones del conductor. Los más importantes son:

- a) Motivación: La actitud del conductor cambia según sea el objeto o el motivo de su desplazamiento, de su urgencia y del tiempo de que disponga para realizarlo, eligiendo entonces el camino y la velocidad que considere apropiada. En consecuencia, una misma persona no conducirá de la misma forma cuando llegue tarde a una reunión importante que cuando salga solo a dar un paseo.

- b) **Experiencia:** La práctica al volante proporciona al conductor una mayor capacidad de respuesta ante situaciones anteriormente sufridas, aunque también favorece la adquisición de malas costumbres difíciles de erradicar y que en ocasiones pueden resultar peligrosas. La experiencia es por tanto un arma de doble filo.
- c) **Personalidad:** Las actitudes o formas de ser propias al individuo y que generalmente permanecen invariables afectan a su forma de conducción. Este factor puede verse matizado por otros, como la edad y el sexo del conductor.
- d) **Estado de ánimo:** Los estados transitorios de ánimo pueden influir, generalmente de forma negativa, en la conducta y las reacciones del conductor. Se halla íntimamente ligado con la motivación.

B. Factores físicos

Este grupo de factores afectan al estado físico del conductor y a la variación del mismo con el paso del tiempo. Los más significativos son:

- a) **Vista:** Si bien todos los sentidos juegan un papel importante en la conducción, la vista es sin duda el sentido imprescindible para efectuarla sin peligro, ya que el 90% de la información se obtiene por medios visuales (Martí, 1992). El campo visual de una persona normal abarca un ángulo aproximado de 200° en horizontal y 120° en vertical, aunque únicamente se tiene una visión clara en un cono de 10°, limitándose la máxima agudeza visual a los 3°.

Además, el campo visual disminuye proporcionalmente a medida que aumenta la velocidad, llegando a valores cercanos a los 5° de visión clara, por lo que debe tenerse en cuenta, por ejemplo, a la hora de posicionar la señalización dentro de esta zona de visión nítida. Ver **Figura 2**.

- b) **Adaptación a la luminosidad:** El ojo humano posee una gran capacidad de adaptación a las diferentes condiciones de luminosidad, pero necesita un período relativamente largo de acomodación, la cual es llevada a cabo en el ojo mediante el iris, encargado de regular la abertura de la pupila, provocando en el conductor una momentánea ceguera y la consiguiente sensación de inseguridad. Se manifiesta especialmente en las entradas y salidas a los túneles, donde es conveniente la colocación de luminarias cuya intensidad varíe gradualmente para hacer más suave el cambio de luminosidad.
- c) **Altura del ojo:** La altura del punto de vista del conductor es un aspecto sumamente importante que debe tenerse siempre en cuenta tanto en los proyectos de trazado como en los de señalización, ya que este parámetro influye en la distancia de visibilidad que el conductor tiene sobre la vía. En el manual de carreteras DG-2013, se establece una altura del ojo sobre la rasante de 1.07m.

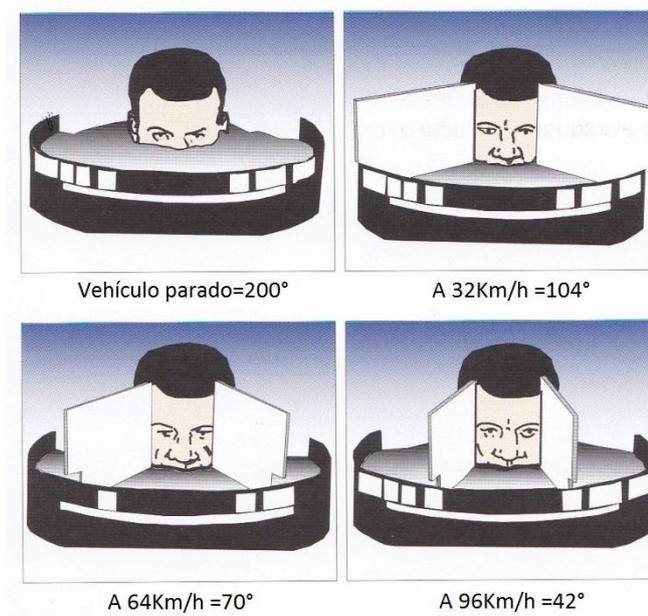


Figura 2. Variación de la visión horizontal en función de la velocidad

Fuente: Touring escuela (2013)

- d) Otros sentidos: El oído, el olfato y las sensaciones térmicas son sentidos que permiten al conductor mantenerse relacionado con su propio vehículo, ayudándole a detectar posibles anomalías. Lo ayudan a situar estímulos en el tiempo y el espacio. Además, se sabe con certeza que los sentidos están interrelacionados entre sí, pudiendo la sobreexcitación de uno de ellos afectar al rendimiento del resto de forma negativa.

C. Factores psicosomáticos

Dentro de este conjunto se incluyen elementos relacionados tanto con la mente como con el estado físico del individuo. Los más importantes son:

- a) **Fatiga:** Las vibraciones, el exceso de calor, la conducción durante largos períodos de tiempo sin descansar son causas directas del cansancio físico. Por otro lado, estas causas unidas a la sensación de monotonía provocan un cansancio mental, aún más peligroso que el físico, y que se traduce en lagunas de atención y en última instancia, en sueño. Se debe tener en cuenta que los efectos de una cabeceada de dos segundos circulando por una autopista a 120km/h, hacen que el vehículo recorra aproximadamente 67m sin control.
- b) **Sexo:** Estadísticamente se ha comprobado que el comportamiento de la mujer al volante es menos arriesgado y más práctico que el del hombre, lo que hace que su estilo de conducción sea más seguro (Bañon Blázquez & Beviá García, 2000).
- c) **Edad:** Los factores anteriormente mencionados evolucionan con el paso del tiempo. Así, un conductor joven estará en plenitud de facultades físicas aunque carecerá de la experiencia de un conductor ya maduro y con una inferior condición física.

1.1.1.2. Factores externos

Si bien los factores antes mencionados son de suma importancia, también lo es el medio, ya que es lo que rodea al conductor y donde este se desenvuelve. Los factores externos pueden generar determinados comportamientos tanto del conductor como del propio vehículo. Se consideran de mayor importancia:

- a) El tiempo: Las diferentes condiciones meteorológicas pueden variar completamente las condiciones de la vía y por lo tanto el entorno del conductor. Fenómenos como la nieve, la lluvia o la niebla modifican las condiciones de adherencia del vehículo, así como una disminución en mayor o menor grado de la visibilidad de la carretera. Como consecuencia de esta variación en la adherencia y la disminución del campo visual, el conductor adapta la velocidad a las condiciones del medio (generalmente la reducirá) y aumentará la distancia de separación con el vehículo que le precede.
- b) El uso del suelo: El conductor adoptará una actitud distinta según el tipo de actividad a la que el terreno por el que circula esté destinado. Por ello, la forma de conducción en un núcleo urbano es radicalmente distinta a la empleada al circular por vías interurbanas.
- c) El tránsito: Características como la intensidad, la composición y la velocidad del tránsito influyen sobre los propios conductores integrantes del mismo, creándose un círculo de acciones y reacciones mutuas dependientes en gran medida de los factores internos anteriormente descritos.
- d) Características de la vía: Un diseño equilibrado, que evite la monotonía y respete las características geométricas mínimas exigibles a cada tipo de vía, facilitará la conducción y jugará un papel importante en la prevención de accidentes. Un trazado deficiente puede, sin embargo, producir efectos totalmente opuestos a los anteriores.
- e) Estado del pavimento: La calidad y grado de deterioro del pavimento pueden modificar visiblemente la forma de conducción. El mal estado del pavimento provoca constantes vibraciones en el vehículo y fuerzan un estado de mayor tensión en el conductor, lo que sin duda contribuirá a aumentar su cansancio. Por el contrario, un pavimento en buen estado aumenta la calidad de la vía y consecuentemente de la conducción.

1.1.1.3. Tiempo de reacción

El tiempo de reacción se halla ligado en mayor o menor medida a los factores descritos anteriormente, por lo que puede decirse que los engloba. Ante la aparición de un obstáculo o de una situación inesperada durante la conducción, el conductor actúa de esta forma:

- a) Percepción: Percibe una señal o un peligro, reconoce la señal, evalúa su significado, analiza la situación.
- b) Decisión: Opta por la maniobra considerada más eficiente, más favorable o menos peligrosa.

c) Acción: Finalmente, ejecuta la maniobra correspondiente.

Todos estos acontecimientos suceden en un intervalo relativamente corto de tiempo denominado tiempo de reacción, y que puede definirse como el transcurrido desde que se presenta una determinada situación u obstáculo sobre la vía hasta que el conductor ejecuta una maniobra. El tiempo de reacción humana oscila entre medio y un segundo, aunque factores como la edad, el cansancio o la ingestión de bebidas alcohólicas pueden hacer que incluso sobrepase los tres segundos.

1.2. Conduciendo en un sistema inseguro

Usar nuestro sistema vial para viajar trae consigo un enorme costo en damnificados, en recursos y en duelo. “Una persona afuera de cada doscientas puede esperar morir usando la calzada. Una persona afuera de cada tres puede esperar ser herida. Y cada conductor puede esperar chocar aproximadamente una vez cada 5 años” (Carsten, 2007). Desde los primeros días del tránsito motorizado casi un siglo atrás, nosotros hemos desarrollado y proliferado un sistema vial y de tránsito que confiere excelente movilidad pero con devastadoras consecuencias para muchos.

Nuestro sistema vial es inherentemente inestable debido a tres importantes características: Primero, la infraestructura es típicamente mixta, que va desde estrechas y sinuosas calles hasta las carreteras y autopistas nacionales de alta velocidad. Segundo, los usuarios de las vías son esencialmente independientes, teniendo radicalmente diferentes propiedades, desde ir a pie como peatones hasta como conductor de un gigante de 30 toneladas. Tercero, el sistema tiene muchos modos diferentes de comunicación para sus usuarios, como por ejemplo: signos, señales y marcas en la calzada.

Dada esta situación, si identificamos al factor humano como el principal responsable en los accidentes de tránsito, estamos en peligro de culpar a la víctima de un sistema vial deficiente. Es muy probable que el problema no sea el conductor, sino el sistema inseguro. A menudo se piensa que es el conductor el que debería mejorar en lugar del sistema.

En un profundo estudio sobre accidentes urbanos, llevado a cabo en Leed (Reino Unido) en 1988-89, se investigaron y analizaron los factores que condujeron a la inmediata causa de accidentes. Del total de accidentes se determinó que el 45% se produjeron debido a simples errores, como una falla al momento de ceder el paso, y no por conductas irresponsables del conductor. La distribución de tales errores son mostrados en la **Tabla 1**.

De estos resultados se puede concluir que muchos de los accidentes que ocurren a diario no se dan por conductas peligrosas o arriesgadas por parte de los conductores sino que en muchas de las situaciones son errores humanos inducidos por las características del sistema los que producen los accidentes.

En el estudio de los errores que ocurren en un entorno de trabajo, es una práctica común ver como la principal fuente de error humano al diseño del sistema. Para mejorar la seguridad, un punto de vista más fructífero (que

responsabilizar de la causa de los accidentes a personas o partes técnicas del sistema) sería describir los errores humanos como ejemplo de desajustes hombre-máquina u hombre-tarea. En caso de un desajuste sistemático o frecuente, la causa puede ser típicamente considerada un error de diseño (Carsten, 2007).

Tabla 1. Tipos de errores causantes de accidentes más comunes. Leeds 1989.

Factores causantes de accidentes	%
Error de percepción	16%
No ser capaz de ver, debido a una obstrucción	12%
Error cognitivo (Juicio), tal como “Falta de juicio en la velocidad” (o de otro usuario)	12%
Falta de habilidad	3%
Problema de actitud	2%

Fuente: Adaptado de Fuller et al., 2007, cap.2

1.3. Buscando un sistema seguro

El diseño de intervenciones para reducir los accidentes tradicionalmente ha usado tres principales enfoques: La educación, La aplicación de la ley y La ingeniería, los primeros dos se refieren al usuario de la vía y la ingeniería se refiere al vehículo y la carretera. La educación tiene como objetivo hacer encajar al usuario de la vía con la tarea, tanto como peatón, ciclista o conductor, a través de la adquisición de conocimiento relevante, habilidades y actitudes. La aplicación de la ley tiene como objetivo inducir una mayor conformidad con las reglas para una conducción segura a través de la imposición de sanciones sobre los ofensores. La ingeniería del vehículo tiene como objetivo mejorar el control de los vehículos, haciendo que la presencia de pérdidas de control y colisiones sea menos probable, y reducir la severidad de los impactos de las colisiones cuando estas ocurren. La ingeniería de carreteras intenta modificar los lugares de accidentes identificados en varias maneras para permitir un mayor progreso en seguridad a través de ellos. Finalmente, se puede considerar un cuarto enfoque en esta lista el cual es El estímulo. Este concepto se refiere a las técnicas del manejo del comportamiento diseñadas para obtener un comportamiento del usuario de la vía más seguro a través de la modificación de sus consecuencias. Un ejemplo sería proveer un seguro menos costoso para los conductores que tengan un record limpio.

Actualmente es muy común el uso de campañas de publicidad en seguridad vial, como medio para obtener un comportamiento más seguro. Una larga cantidad de dinero es gastado por gobiernos locales o nacionales en campañas de publicidad con el objetivo de mejorar el comportamiento de los usuarios de las vías. Estas campañas no son generalmente evaluadas. No hay evidencia que los errores no deliberados puedan ser reducidos, y mucha evidencia que incluso en el caso de violaciones deliberadas, particularmente relacionadas a la velocidad, la publicidad solo es efectiva cuando se respalda con una aplicación rigurosa de la ley. A menudo se destaca que las campañas de información han sido exitosas en reducir la conducción en estado de ebriedad y en incrementar el uso del cinturón de seguridad. Pero la verdad es que tales campañas solo han sido efectivas cuando han sido enlazadas, para la percepción pública, con la aplicación o con cambios en la ley.

Los ingenieros proveen uno de un rango de intervenciones que puede ser empleado para mejorar la seguridad en lugares de accidentes. Para hacer esto efectivamente, los ingenieros necesitan ser capaces de identificar qué elementos de diseño están contribuyendo con un comportamiento menos seguro, pérdida de control y colisiones. Y para hacer esto ellos necesitan saber sobre la psicología del usuario de la vía. Tal conocimiento es también por supuesto altamente relevante para la tarea de controlar la seguridad de nuevas o modificadas carreteras, permitiendo el análisis de las características de diseño desde una amplia perspectiva del usuario de la vía (Fuller & Santos, *Psychology and highway engineer*, 2007).

1.4. Haciendo uso de la psicología

Para poder comprender los errores humanos es necesario hacer uso de la psicología con la finalidad de conocer el comportamiento humano y sus procesos mentales. Esta se ocupa de todo el comportamiento y la vida mental.

Entonces, lo que sucede en la cabeza de las personas y lo que ellos hacen es de lo que la psicología se encarga. Y eso es por lo que esta debería ser de relevancia para un ingeniero. De relevancia, porque los ingenieros necesitan conocer las características de sus clientes finales, la gente para quien ellos están diseñando y gestionando el sistema vial y de transporte, los usuarios de las vías. Ellos necesitan entender sus necesidades, motivaciones y metas; que limitaciones ellos tienen en visión, procesamiento de información y velocidad de respuesta; como ellos perciben la carretera y el entorno de tránsito y como estas características varían con la edad y la experiencia, con la fatiga y el estrés, y las emociones. Ellos necesitan saber por qué las colisiones suceden y como ellos pueden controlar el comportamiento para prevenir que esto suceda. Por mucho tiempo, los ingenieros han tenido que actuar como protopsicólogos, haciendo a veces suposiciones intuitivas sobre como los usuarios de la vía podrían responder a varias características de diseño propuestas, a menudo usándose ellos mismos como referencia e iterativamente labrando soluciones de diseño modificadas a la luz de la experiencia. En el proceso ellos han redescubierto un rango de hechos psicológicos básicos y principios (Fuller & Santos, *Psychology and highway engineer*, 2007).

La velocidad es un determinante principal de la dificultad de las tareas del conductor. En igualdad de condiciones, cuanto más veloz, menor es el tiempo disponible para tomar información, procesarla y tomar decisiones, ejecutar esas situaciones y corregir cualquier error.

Los ingenieros de seguridad de carreteras han desarrollado, a lo largo de los años, una comprensión intuitiva de los problemas de los factores humanos en el tránsito, y como resultado tienen una armería de soluciones exitosas para lidiar con los lugares problema, rutas y áreas.

Entre las técnicas más conocidas que se utilizan para facilitar la tarea del usuario de la vía se encuentran: El reemplazo de las intersecciones de dos vías por dos intersecciones en "T" (intersección escalonada), pavimentos extendidos dentro de la carretera (Tabloides) para hacer el cruce de los peatones más visible para los conductores, etc. El objetivo es reducir la carga de trabajo y

mejorar la percepción, de esta manera se puede argumentar que los ingenieros están aplicando los principios de la psicología de tránsito.

Uno de los mejores ejemplos de medidas que simplifican la tarea del conductor y por lo tanto mejora la seguridad es la mini rotonda (Ver **Figura 3.**). Donde un cruce complejo ha sido reemplazado con una mini rotonda, los conductores emergentes dentro de esta solo tienen una corriente de tránsito para inspeccionar y llevar a cabo sus tareas en el conocimiento que incluso el tránsito con prioridad ha reducido su velocidad. La mini rotonda puede ser vista como un arquetipo de las medidas de la ingeniería de seguridad de carreteras.



Figura 3. Mini rotonda
Fuente: Pixplot.com (2015)

La mayoría de técnicas intuitivas que han sido aplicadas en la ingeniería de seguridad de carreteras han alcanzado mucho. A pesar de incrementar los niveles de tránsito, el número de accidentes ha ido decayendo sin parar. Pero eso no significa que no se pueda hacer mejor. Un más sistemático y riguroso enfoque podría lograr mucho más. Tales enfoques deberían basarse en el entendimiento del desempeño humano, en la variación en el desempeño humano (ambos dentro de los individuos y entre estos), en el comportamiento en diferentes situaciones, y en cómo, por qué y cuando ocurren los errores. Aquí es donde la psicología de tránsito puede hacer una gran contribución.

Lo que se requiere es una verdadera integración entre ingeniería y psicología del tránsito para crear “ingeniería humana”. Los ingenieros tendrán que aprender más sobre las limitaciones humanas; los psicólogos tendrán que estar dispuestos a ensuciarse las manos participando en experimentos y ensayos.

El desarrollo de mejores soluciones será un procedimiento iterativo, en que nuevas soluciones son comparadas con otras más antiguas. Como nuevos métodos y conocimiento están disponibles, deberían ser aplicados, recordando que una solución parcial es mejor que ninguna. Un enfoque ecléctico, empírico producirá mayores dividendos que una selección arbitraria de un único y correcto enfoque. El comportamiento humano no es tan predecible como para poder identificar a priori como los usuarios de las vías se comportarán en respuesta a una particular implementación. La adaptación conductual, cómo los usuarios de las vías ajustan su comportamiento cuando se enfrentan a cambios

en el entorno del tránsito o en la ingeniería del vehículo, puede ser hipotetizado, pero su forma y extensión solo pueden ser confirmadas a través de experimentos reales.

No es necesariamente un camino obvio y sencillo en la seguridad de tránsito identificar problemas e identificar la mejor solución. Para cualquier problema hay probablemente muchas soluciones, y una única solución puede abordar muchos problemas. El error de pensar solo en las soluciones en una manera directa es común en la literatura de seguridad de tránsito.

Los ejemplos pueden ser usados aquí. En la mayoría de países, la principal fuente de accidentes en áreas urbanas se debe a cruces no señalados, mayormente señales de “ceda el paso” en cruces “T” o en cruces de dos caminos. En los estudios exhaustivos de accidentes urbanos con heridos conducidos por la Universidad de Leeds, el 62% de todos los accidentes en la muestra fueron en varios tipos de cruces de “ceda el paso” (Carsten, 2007). El problema en estos accidentes no es generalmente que el conductor en la carretera secundaria no se dé cuenta que hay un cruce, sino que el conductor, habiendo reducido su velocidad o parado en el cruce, emerge y colisiona con un vehículo que este no había visto o cuya velocidad de aproximación o camino fue mal juzgada.

Esto puede ser visto como que la mayoría de estas soluciones son indirectas, ellas reducen las tareas exigidas a los conductores en la carretera secundaria, y/o incrementan el tiempo de decisión, y/o reducen velocidades conflictivas y por lo tanto la severidad de los accidentes. Por ejemplo, tales soluciones pueden mitigar accidentes en que un conductor en la carretera secundaria deliberadamente arranque y busque entrar en un espacio insuficiente con la esperanza que el conductor de la carretera principal pare en respuesta (Carsten, 2007).

Capítulo 2

Análisis del comportamiento y las limitaciones del factor humano

2.1. Análisis del comportamiento

Según Fuller et al (2007), el análisis del comportamiento, a través del modelo conductual básico, relaciona tres términos: los eventos antecedentes, que actúan como estímulos discriminativos, señalando la relación entre una respuesta y su consecuencia, el comportamiento o la respuesta misma, y la consecuencia de tal comportamiento. Esto es a veces conocido como la contingencia de los tres términos: Antecedentes, comportamiento, consecuencias. Este modelo simple es sin embargo muy poderoso y permite el análisis del porqué las personas se comportan de la manera en que lo hacen. Ver **Figura 4**.



Figura 4. La contingencia de los tres términos del análisis del comportamiento. Eventos antecedentes señalan la relación entre un comportamiento particular y sus consecuencias.

Fuente: Adaptado de Fuller et al., 2007

El modelo del análisis del comportamiento puede ser particularmente útil si uno tiene interés en controlar o tratar de cambiar el comportamiento de alguien y este es la principal razón de porqué es relevante para el trabajo del ingeniero. El diseño de la carretera es sobre mejorar la movilidad urbana como primera medida, pero es también sobre asegurar que la carretera sea usada con

seguridad. En otras palabras es en parte sobre controlar y algunas veces modificar el comportamiento de los usuarios de la vía.

2.1.1. Control del usuario de la vía por consecuencias

Tal vez la aplicación más directa del análisis del comportamiento, para mejorar el comportamiento seguro del usuario de la vía, es a través del uso de consecuencias gratificantes y negativas. El primero, para establecer y mantener el comportamiento seguro y lo segundo para desalentar el comportamiento arriesgado. El problema fundamental aquí es que un comportamiento potencialmente arriesgado para el conductor, tal como la alta velocidad, puede tener consecuencias gratificantes (evitar llegar tarde) así como consecuencias negativas (chocar con una obstrucción inesperada). Normalmente, la consecuencia gratificante es bastante segura, mientras que el castigo es típicamente incierto, sino improbable. El asunto entonces será como cambiar el balance entre estas consecuencias en competencia, con la finalidad de apoyar el comportamiento seguro.

Un ejemplo común del uso del castigo para controlar la alta velocidad insegura son los reductores de velocidad (conocidos como “rompe muelles”). Si se toman a alta velocidad será extremadamente incómodo y a velocidad aun mayor probablemente dañe el vehículo. Pero existen otras maneras en que el ingeniero puede castigar la alta velocidad y es haciendo que conducir a alta velocidad sea una tarea difícil. Por ejemplo: Diseños que involucran el estrechamiento de la calzada mediante la extensión de la acera o con el uso de medianas, y el desplazamiento lateral en la alineación del carril (chicanas, rotondas) tienen esta función. Este tipo de diseños son considerados como medidas de Tránsito calmado². Ver **Figura 5**.



Figura 5. Uso de chicanas para controlar la velocidad

Fuente: Wikipedia.com (2015)

Pero el problema más general de castigar el comportamiento arriesgado o de recompensar el comportamiento seguro es que la mayor parte del tiempo es imposible que el comportamiento sea monitoreado y seguido. Tener policías

² Son medidas cuyo objetivo es producir una red vial por la cual se conduzca calmadamente y en forma segura, a una velocidad apropiada para el entorno y para los usuarios más vulnerables.

monitoreando el comportamiento y repartiendo castigos, incluso de manera intermitente, probablemente no sería rentable. La técnica de video vigilancia en lugares particulares, tales como cámaras de velocidad y de luz roja, pueden proveer una solución parcial.

Fuera del dominio de la ingeniería de carreteras un intento en la manipulación de las consecuencias para el comportamiento del conductor ha sido a través de la aplicación de recompensas por los records libres de accidentes en un periodo designado. Tales intervenciones han sido encontradas que reducen accidentes y son rentables donde los costos directos e indirectos de accidentes son tomados en cuenta (reparación del vehículo y costo de los reemplazos, costo cubierto por el seguro, pérdida de días de trabajo). Sin embargo este procedimiento tiene la particular debilidad de no especificar para el usuario de la vía el comportamiento que es requerido para la seguridad y se ha mostrado que estos comportamientos tienen que estar en el repertorio de los conductores si la estrategia es ser exitosos.

El procedimiento complementario de recompensar los records de conducción segura es el castigo de aquellos que no lo son. Esto sucede a un limitado grado en muchos países en la forma de ajustes desfavorables en los seguros Premium como consecuencia de la participación en un accidente culposo. Sin embargo hay típicamente mucho espacio para el desarrollo de un más sensible uso de tales penalidades (Fuller, Learning and the road user, 2007).

2.1.2. Control del usuario de la vía por antecedentes

Los eventos antecedentes definen las condiciones bajo las cuales comportamientos particulares son seguidos por consecuencias particulares. La mayoría de las consecuencias negativas son en realidad evitadas por los usuarios de la vía porque son señalados como un resultado de un comportamiento arriesgado. Verás la cámara de velocidad adelante y revisarás tu velocidad. De la misma manera la señal de un rompemuelles o su presencia en la carretera actúa como un estímulo discriminativo. Estos le dicen al conductor que la alta velocidad será castigada.

Las señales de tránsito son casi el arquetipo de los estímulos discriminativos. Esto da un previo aviso de lo que la relación comportamiento-consecuencia aplica al entorno de la carretera. Por esta razón cuando los conductores ven una señal de advertencia de peligro ellos usualmente no pisan el acelerador. Es más probable que ellos incrementen el nivel de vigilancia y desaceleren o se preparen para hacerlo. Los ingenieros de tránsito tienen un verdadero arsenal de estímulos discriminativos a su disposición para señalar la velocidad apropiada (para un resultado seguro). Los más directos son señales que indican la velocidad límite (fija o variable, recomendada o exigida) e instrucciones escritas en la carretera.

Los conductores tienen que aprender la relación entre los estímulos discriminativos y las consecuencias de comportamientos particulares, especialmente la decisión de la velocidad. Con el fin de que los estímulos discriminativos sean efectivos ellos necesitan:

- ✓ **Proveer información clara y sin ambigüedades.** Esto incluye proveer buena información sobre los alineamientos de la carretera, las características de los cruces y direcciones. Además, señalización clara de los potenciales estímulos de castigo, tales como la ubicación de cámaras de velocidad o rompemuelles, deberían también mejorar su efectividad actuando a través del control de estímulos del comportamiento en lugar de a través de sus consecuencias. Es preferible disuadir en vez de castigar.
- ✓ **Ser usado de una manera sistemática y consistente.** Si una señal de curva es usada para señalar una curva de una severidad en particular, otras curvas similares deberían ser señaladas de la misma manera. Si una señal es usada inconsistentemente, los conductores pueden aprender a ignorarla.
- ✓ **Ser confiable.** Una señal que una vez fue poco fiable fue la que indicaba “obras en construcción”, a menudo dejadas por días o incluso por semanas después de haberse terminado los trabajos en la vía. Por lo que no es sorprendente que los conductores solían ignorarlos, reduciendo su velocidad sólo si podían ver los trabajos en progreso. Un problema más prevalente con la confiabilidad se da con las señales de escuela y niños cruzando. Estas son solamente relevantes cuando los niños en realidad están en tránsito desde o hacia la escuela. Sin embargo, las señales están permanentemente allí como un estímulo discriminativo para los conductores que pasan y entonces ellos aprenden a ignorarlas. En consecuencia, los conductores no reducen la velocidad cuando ven estas señales. Su confiabilidad puede ser mejorada, sin embargo, por la adición de señales intermitentes que sean solamente activadas en los momentos críticos del día. Las señales intermitentes constituyen un estímulo discriminativo más confiable. Ver **Figura 6**.



Figura 6. Las señales intermitentes generan una mayor confiabilidad en los conductores
Fuente: Trafficsolutions.ie (2015)

Por último, puede ayudar a la seguridad y a la movilidad si se les dice a los usuarios de la vía qué hacer, especificando el comportamiento deseado. Ejemplos obvios son el uso de señales para controlar el movimiento a través de los cruces de carreteras y de peatones.

2.1.3. Control por reglas

El control interno del comportamiento consiste en el seguimiento de las reglas, las cuales deben estar presentes en la cabeza del usuario de la vía. Las reglas pueden ser descritas como afirmaciones de contingencias. Por ejemplo la regla “No adelantar en una esquina ciega” puede ser traducida como una afirmación de la contingencia “Si hay una esquina ciega (estímulo discriminativo) y tú adelantas (respuesta) puedes chocar con un vehículo que se acerca (consecuencia negativa)”. Las reglas de la vía y las reglas del buen conducir en la cabeza del usuario de la carretera pueden estar a través de una afirmación interna de contingencias. Cuando se hace explícito, ellos no solo proveen un método útil para transmitir conocimiento sobre contingencias, sino que lo hacen sin que el aprendiz tenga que experimentarlos directamente. Ellos son además de particular uso en aquellas situaciones en que la contingencia de origen natural (lo que realmente ocurre) no es muy efectiva en el mantenimiento del comportamiento deseado. Un ejemplo sería en el control de la reducción de la velocidad a través de una zona urbanizada. Ver un camino despejado adelante, puede producir que los conductores conduzcan sobre el límite de velocidad sin experimentar ni una consecuencia negativa, como una colisión. Pero solo si el usuario de la vía sigue la regla correcta para las condiciones, incluso si en muchas ocasiones seguir la regla es experimentado como innecesario, un resultado seguro es más probable que ocurra.

Desafortunadamente hay evidencia que donde el seguimiento de las reglas no es apoyado por la contingencia natural, el control del comportamiento se puede transferir desde la regla hasta aquellas consecuencias. Si un conductor ve que puede romper el límite de velocidad sin castigo, y es motivado a ir más rápido, entonces el control del comportamiento por reglas puede ser suspendido. Debido a este problema se enfatiza el rol de la aplicación de la ley en el mantenimiento del seguimiento de las reglas, que es la adición de otras consecuencias a las que naturalmente ocurren del comportamiento en cuestión. Aunque las recompensas por el seguimiento de las reglas han sido probadas exitosamente en solo unos cuantos contextos, el castigo por no seguir una regla ha sido el más prevalente procedimiento. Este es ejemplificado por las trampas de velocidad de los policías y más generalmente la detección y penalización de las violaciones de tránsito. Creando una percepción entre los usuarios de la vía que una aplicación mejorada de las regulaciones de tránsito pueden producir cambios notables, lo que conduce a una significativa reducción en la estadística de accidentes (Fuller, Learning and the road user, 2007).

2.1.4. Adaptación del comportamiento

Cuando se viaja, llegar a nuestro destino más rápido gana tiempo para los viajeros. Así los conductores de vehículos son generalmente motivados a viajar tan rápido como los reglamentos, las condiciones de la carretera, las tareas demandadas y la capacidad de su vehículo le permite.

Esta observación fundamental tiene importantes implicaciones para el ingeniero. Esto implica que al conductor no se le debe dar señales (estímulos discriminativos) que sugieran que la velocidad tolerada en la carretera es más rápida que las especificaciones de su diseño. Esto es porque, por ejemplo, es muy importante señalar los peligros potenciales tales como las curvas cerradas al

final de largos tramos rectos de carretera. La parte recta de la carretera sugiere tolerancia a la alta velocidad, pero entonces las condiciones cambian y el conductor necesita reconocer esto en el momento justo para ajustar su velocidad apropiadamente (y tal vez también el nivel de vigilancia).

No menos obvio es el hecho que si la sección de la carretera es rediseñada de tal manera que los conductores puedan ir a una mayor velocidad, si nada más cambia, ellos probablemente lo harán. Esto tiene importantes implicaciones para la administración de la seguridad. Tomemos el ejemplo de la sección de carretera descrita anteriormente. Debido a los accidentes, que involucran la pérdida de control de los conductores de sus vehículos cuando intentan viajar a través de la curva a muy alta velocidad, se decide reordenar la carretera e incrementar el radio de la curva, un cambio motivado exclusivamente como una intervención de seguridad. ¿Qué sucederá ahora? Bueno, por supuesto, los conductores ahora viajarán a través de la sección de la carretera a una más alta velocidad que la de antes (y tal vez también con una menor vigilancia que antes). Esta respuesta a condiciones cambiantes es conocida generalmente como *adaptación del comportamiento*.

Si bien la adaptación del comportamiento, en el caso mencionado, trae consigo una mayor movilidad y velocidad, y por lo tanto que se incremente el riesgo a un accidente. Generalmente, estas respuestas no absorben completamente los potenciales beneficios de seguridad de las intervenciones. Así por ejemplo se tiene que:

- ✓ Incrementos en el ancho del carril causa en velocidad promedio (5-10 km/h por cada metro adicional en ancho de carril), pero también hay una reducción en la frecuencia de accidentes;
- ✓ La adición de bermas pavimentadas a carreteras rurales de dos carriles incrementa la velocidad por encima del 10%, y reduce las tasas de accidentes por encima del 40%.
- ✓ La adición de líneas de borde a carreteras rurales de dos carriles incrementa la velocidad promedio, y reduce la frecuencia y severidad de los accidentes.

El fenómeno de la adaptación del comportamiento tiene muchas implicaciones para el ingeniero de carreteras referidas a la mejora de la seguridad en la carretera. El primero es estar consciente del proceso y cuando posibles cambios en el comportamiento no son deseados, tomar acción para prevenir su ocurrencia. Así por ejemplo podríamos argumentar a favor de la introducción de un límite de velocidad forzado sobre una sección rediseñada de carretera que de otro modo podría alentar a velocidades más altas y no deseadas. Una segunda implicación es considerar el uso de la información para el conductor que la carretera le puede ser más riesgosa de lo que es objetivamente. La reducción de la calzada con un área central tramada proporciona un ejemplo de esto (Fuller, Learning and the road user, 2007).

2.2. Análisis de la influencia de los factores humanos

2.2.1. ¿Qué son los factores humanos?

Según Fuller et al (2007), son aquellos factores que pueden afectar el desempeño óptimo del conductor y perjudicarlo. La mayoría de los accidentes están relacionados a lo que alguien hizo o falló en hacer. Por lo tanto, el estudio de los factores humanos claramente tiene enormes consecuencias para la seguridad en la carretera, ya que permite al ingeniero a través del diseño de la carretera prevenir, detener o admitir la disminución en el desempeño del conductor.

2.2.2. Variabilidad del desempeño

El desempeño humano no es como el desempeño de un típico componente de una máquina. No es constante sino intrínsecamente y fundamentalmente sujeto a variación a través del tiempo. Una razón para esto es que el desempeño está a menudo enlazado con un nivel de excitación o activación del sistema (se refiere al nivel de activación fisiológica del individuo y se relaciona con el estado de alerta). Este se encuentra en el nivel más bajo alrededor de las 4 horas y puede alcanzar su pico alrededor de las 12-16 horas. En niveles muy altos o muy bajos el desempeño es típicamente no tan bueno como en los niveles más moderados. Factores como la fatiga, el consumo de alcohol y otras drogas, las emociones y el estrés; así como la motivación por el riesgo y la velocidad pueden alterar los niveles de excitación y por lo tanto el desempeño humano. No nos desempeñamos tan bien cuando estamos con sueño o en el otro extremo de excitación, cuando estamos extremadamente agitados o enfurecidos por alguna razón. Puede haber diferencias individuales marcadas en el momento del día en que el nivel de excitación puede alcanzar su punto máximo. Los individuos más introvertidos típicamente alcanzan un punto máximo más temprano en el día que los individuos más extrovertidos. Esto implica que algunas personas realizarán algunas tareas mejor en la mañana, otros más tarde en el día.

Aunque tenemos un ritmo circadiano³ endógeno de excitación fisiológica, está sin embargo sujeto a ser influenciado por factores externos. Así por ejemplo, experiencias continuas y monótonas pueden inducir una disminución de la excitación, mientras por otro lado ser bombardeados con estimulación puede inducir un alto nivel. Una implicación de esto es que los ingenieros podrían considerar los extremos de la estimulación en la calzada confrontando a los conductores (o muy alta o muy baja) como factores que podrían degradar el desempeño, causado a través de sus efectos en el nivel de excitación.

El ingeniero puede ayudar a manejar estos problemas usando las siguientes estrategias:

- ✓ Evitando la baja excitación que provoca la alineación de carreteras (típicamente rectas, sin variar el paisajismo). La complejidad media ayuda a mantener la activación.

³ Los **ritmos circadianos** constituyen el reloj biológico humano que regula las funciones fisiológicas del organismo para que sigan un ciclo regular que se repite cada 24 horas, y que coincide con los estados de sueño y vigilia.

- ✓ Considerar las necesidades de los conductores cansados y somnolientos (proveer áreas de descanso en intervalos en los tramos de autopistas largas. Proveer líneas sonoras para advertir a los conductores que están pasándose del borde del carril).
- ✓ Evitar los estímulos que conducen a estados elevados de excitación (ejemplo: demasiada información en una sección de vía rápida) (Fuller, Human factors and driving, 2007).

2.2.3. Limitaciones del desempeño

En ingeniería mecánica se entiende que los componentes del sistema pueden funcionar solo dentro de un rango limitado de condiciones. Los rodamientos de un cigüeñal fallarán finalmente si no son adecuadamente lubricados. De la misma manera el desempeño humano fallará si las condiciones exceden su límite de tolerancia. Por ejemplo, las personas tienen solamente tanta capacidad para realizar trabajo mental. Hay un límite en la tasa en que podemos tomar información y procesarla. Ese límite puede ser alcanzado y excedido si tenemos que conducir bajo presión de tiempo extrema, sin darnos a nosotros mismos suficiente tiempo para tomar toda la información relevante, o si tenemos que interpretar información muy compleja sobre la calzada y además el comportamiento de los otros usuarios. Exceder las capacidades humanas de esta manera no es usualmente expresado como una falla catastrófica (como un componente de una máquina que se destruye). La falla humana se expresa de maneras más sutiles como en malas expectativas, juicio pobre y aumento de errores (Fuller, Human factors and driving, 2007).

2.2.3.1. Límites en la sensación y la percepción

Nuestros sentidos por supuesto están delimitados por las limitaciones del desempeño, es decir, por las capacidades humanas. Si no podemos detectar algo con uno o más de nuestros sentidos, no vamos a estar conscientes de su presencia. Además al procesar información sensorial nosotros podemos conseguir falsas sensaciones y percepciones. Las falsas sensaciones a veces ocurren cuando un receptor está en un estado de fatiga. Las falsas percepciones pueden surgir desde las propiedades del estímulo o de la persona que está percibiéndolo.

Otra discrepancia entre la realidad objetiva y nuestra percepción es el también llamado efecto de “adaptación de velocidad”. Viajar por prolongados periodos a altas velocidades hace que una menor velocidad parezca considerablemente menor de lo que esta objetivamente es.

Tomar información e interpretarla requiere el uso de la memoria. La memoria esta crucialmente involucrada en el proceso por el cual damos sentido de lo que vemos, sentimos, etc. Si la información desde, por ejemplo, nuestros ojos esta degradada, si estos no consiguen una imagen clara, esto puede hacer muy difícil para la memoria ayudarnos a reconocer lo que estamos viendo.

La memoria esta siempre involucrada en el reconocimiento. Cuando la memoria no consigue una figura clara, o consigue las señales erróneas (muchas

información con la cual trabajar) esta puede interpretar las cosas como que son bastante diferentes de lo que ellas en realidad lo son, puede producir ilusiones.

Podemos hacer uso de este proceso constructivamente para generar una ilusión para mejorar, en lugar de restar la seguridad. Ejemplo de esto es el uso de líneas transversales marcadas en la calzada con una progresiva reducción en los intervalos interlineales, con la finalidad de dar una sensación de incremento de la velocidad a lo cual los conductores responderán reduciendo la suya. Este tipo de intervenciones han reducido confiablemente la velocidad de aproximación en las rotondas y consecuentemente han reducido la frecuencia de accidentes (Fuller, Human factors and driving, 2007).

2.2.3.2. Límites en el procesamiento de información

La capacidad para el procesamiento de información es limitada. Esta limitación aplica a la tasa en que podemos tomar información y la cantidad que podemos mantener en la mente y usar en cualquier momento. Si la cantidad de información relevante entrante excede la capacidad del conductor, alguna de esta se perderá. Si la información perdida es crucial (un cartel indicando el cierre del carril adelante), esa pérdida podría incrementar la vulnerabilidad del conductor a la colisión. Por lo tanto, cuanto más predecible la carretera y sus características, más fácil la tarea de conducir y más fácil es usarla con seguridad.

El procesamiento de información por nuestros sentidos y nuestra memoria puede ser degradado por factores tales como la fatiga, el alcohol, el estrés y la pobre motivación. El procesamiento de información es también especialmente vulnerable al alta o a la baja excitación. Bajo muy alta excitación un conductor puede obtener visión de túnel, un enfoque bastante estrecho de la atención como si se miraras a través de un túnel. Pero tal vez la condición más prevalente es donde el nivel de excitación del conductor ha caído bastante bajo, predisponiéndolo a una pérdida de la vigilancia y tal vez incluso a quedarse dormido mientras maneja.

El procesamiento de información es también vulnerable a la insuficiente atención. La atención a una tarea puede ser desviada de muchas maneras, llevando al error de desempeño. Un tipo de desvío es llamado captura atencional. La atención es capturada por algún estímulo no relacionado a la tarea.

El ingeniero de carreteras puede ayudar a manejar estos problemas de excitación y captura atencional usando las siguientes estrategias:

- ✓ Evitando la baja excitación que provoca la alineación de carreteras (típicamente rectas, sin variar el paisajismo).
- ✓ Evitando el conflicto atencional cuando la información crítica está siendo presentada (otra fuente de luz cerca a las señales de tránsito, vallas publicitarias cerca de señales de dirección o de advertencia de peligro) (Fuller, Human factors and driving, 2007).

2.2.3.3. Límites en la memoria

Aunque hay una continua controversia sobre como la memoria del cerebro procesa el trabajo, podemos pensar que hay dos tipos de memorias, distinguidas por cómo cada una almacena información. La memoria a corto plazo retiene información temporalmente, por unos segundos, mientras la usas. Por esta razón es a menudo conocida como *memoria de trabajo*. La memoria a corto plazo tiene una capacidad limitada. Si tratas de poner más información en la memoria a corto plazo, entonces perderás algo de lo que ya estaba allí.

La memoria a largo plazo mantiene la información más o menos indefinidamente y parece tener casi una capacidad sin límites. Los problemas con la memoria a largo plazo pueden surgir cuando:

- ✓ La información ha sido solo débilmente representada o codificada.
- ✓ La información ha sido almacenada en la memoria a largo plazo, pero el intento de recuperarla falla.
- ✓ La información no ha sido correctamente representada en la memoria en primer lugar.

Una estrategia básica para evitar los errores relacionados con la memoria se consigue ubicando el conocimiento necesario (tal como la secuencia de pasos en un desvío de ruta) a lo largo de la carretera mediante el uso de señales de tránsito, y a través de la apropiada información de apoyo a los conductores en caso fuese necesario (volantes de información del plan de desvío) en lugar de confiar que será almacenado en la cabeza del conductor. Esta información debería ser ubicada cerca de las fases vulnerables de la tarea.

Además, la cantidad de información recogida que se requiere debería estar limitada para asegurarse que el conductor tenga tiempo para responder a un estímulo antes de que el siguiente le sea presentado. Es decir, hay que evitar sobrecargar de información a los conductores mediante la repetición sistemática de señalización o de carteles publicitarios por sus efectos negativos en la seguridad vial, ya que se puede dejar de detectar información de gran importancia y puede hacer información que sea selectiva y deliberadamente desecha por parte del conductor: el conductor deja de atender a aquellas señales que se repiten sistemáticamente pues piensa que no son realmente necesarias (Fuller, Human factors and driving, 2007).

2.2.3.4. Límites en la toma de decisiones

Cuando tomamos decisiones, los humanos somos propensos a un número de tendencias las cuales pueden distorsionar el resultado deseado si por ejemplo, hemos interpretado información degradada.

La primera tendencia a la que estamos propensos en este proceso es a optar por hipótesis con una alta probabilidad de que sean correctas, por ejemplo, sobre la base de la frecuencia en que fueron correctas en el pasado. Esto es claramente una estrategia útil, reforzada por la experiencia pasada, pero esto tiende a cegarnos a improbables, pero posibles hipótesis. Una segunda tendencia

es que tendemos a dar más peso a la información encontrada inicialmente en el proceso de diagnóstico. Esto nos conduce a hacer nuestro propio juicio bastante rápido en cuanto a lo que está causando el problema. Una tercera tendencia es que una vez que hemos empezado a tener confianza en una hipótesis, tendemos a buscar evidencia que la respalde, mientras descontamos evidencia que lo refuta. Estas limitaciones pueden llevar a errores y equivocaciones.

Las tendencias pueden ser incluso más evidentes en la situación dinámica de la conducción a tiempo real. Bajo condiciones de incertidumbre podemos imaginar al conductor rápidamente generando y probando hipótesis mientras progresivamente más información queda disponible. A veces las decisiones críticas (tales como la velocidad o trayectoria) están basadas en hipótesis incorrectas o expectativas⁴ y no hay oportunidad para recuperar la situación una vez que el error ha sido reconocido. Tomando una curva a alta velocidad y adelantando otro vehículo el cual, durante la maniobra, gira en nuestro camino son ejemplos de este tipo de errores de expectativas. El ingeniero puede mejorar la expectativa de los conductores a través del diseño mediante la estandarización de los paneles de carretera, señales y trazados. Las vías con condiciones predecibles serán más seguras. Por ejemplo, una orientación sobre la velocidad puede ser provista en los segmentos críticos de la carretera para ayudar a evitar errores de expectativas (Fuller, Human factors and driving, 2007).

2.2.4. Prevención, tolerancia y recuperación de errores

Cometer errores es la condición natural del usuario de la vía. Aunque altamente adaptativos, nosotros sin embargo no somos fiables en nuestro desempeño. Esta falta de fiabilidad surge de las limitaciones inherentes en lo que podemos hacer y la variabilidad en el desempeño debido a factores como la fatiga, los cambios en los niveles de excitación y motivación. Debido a que debemos esperar errores por parte del usuario de la vía, necesitamos diseñar un sistema de carreteras que tengan las características de prevención, tolerancia y recuperación de los errores (Fuller, Human factors and driving, 2007) . Algunas sugerencias generales de elementos de diseño en los que estos objetivos de la gestión de errores podrían ser alcanzados son mencionadas a continuación:

2.2.4.1. Prevención de los errores

Si bien los accidentes de tránsito son eventos inevitables, reducir su número es posible teniendo en cuenta ciertos criterios:

A. La buena información:

Ya que el conductor depende de la información que recibe del entorno para poder efectuar una respuesta, es necesario que esta pueda ser percibida de manera clara y sin ambigüedades, de tal manera que permita al conductor orientar su respuesta a ejecutar.

⁴ Condiciones de la carretera esperadas por los conductores, las cuales les permiten hacer juicios para tomar sus decisiones.

a) Señalización

La principal finalidad de la señalización de carreteras, ya sea horizontal o vertical, es la de proveer a los conductores de la información necesaria o útil, en el momento y lugar que la necesiten. Es un complemento indispensable tanto para aproximarse a la óptima utilización de la vía como para la seguridad del usuario.

Así, podríamos decir que la señalización debe atender a tres propósitos:

- ✓ Advertir de la existencia de posibles peligros que de ser ignorarlos podrían conducir a graves consecuencias.
- ✓ Comunicar las reglamentaciones a cumplir en un determinado tramo de carretera.
- ✓ Suministrar indicaciones que permitan informar al conductor de las condiciones del entorno.

Por esta razón, si se quiere cumplir con lo anteriormente mencionado, el sistema de señalización ha de asegurarse que la información que se transmita aparezca de forma comprensible, empleando un código que todos los conductores puedan comprender.

Además, la información debe de ser presentada de tal forma que llame la atención a sus destinatarios, evitando que esta pueda ser confundida con otros anuncios de tipo publicitario. Otro aspecto de máxima importancia es la ubicación de la señal, la cual debe estar situada en el lugar preciso en el que el conductor pueda necesitarla, de forma que el conductor disponga del tiempo suficiente para realizar las maniobras oportunas.

Por último, la información que se suministre debe tener algún interés y ser creíble, pues de lo contrario, los conductores las ignorarán (Pérez Peñalva, 2003).

b) Iluminación

El riesgo de un accidente es de dos a tres veces mayor en la oscuridad que a la luz del día. Esto se debe, entre otras cosas, a la limitada capacidad del individuo para ver en la oscuridad. Nuestros ojos no están hechos para ver de noche.

Nuestra capacidad de juzgar la distancia es dependiente de que veamos contornos claros y colores en nuestro entorno. En la oscuridad se difuminan los contornos y los colores. Cuando la visibilidad se halla reducida, el tránsito que viene en sentido contrario parece hallarse más lejos de lo que está en realidad. Esto puede significar una equivocación en los juicios en relación con los adelantamientos.

Un artículo publicado por el portal ABC de España reveló que:

Un 17% de los accidentes mortales de tránsito contabilizados en 2010 se registraron durante la noche y en vías sin iluminar, según un estudio de la

Asociación Española de la Carretera (AEC). En concreto, 432 personas perdieron la vida en la carretera por la noche o el crepúsculo como consecuencia de la falta de iluminación de las vías españolas. En este sentido, de los 85.503 accidentes con víctimas que tuvieron lugar en 2010, el 30% se produjo durante la noche y el crepúsculo, y de ellos un 20% se registró en vías que carecían de iluminación. En este sentido, la subdirectora general técnica de la Asociación Española de la Carretera (AEC), Elena de la Peña, subraya que «el 22% de los fallecidos y el 16% de los heridos graves en accidentes producidos en vías interurbanas tuvieron lugar en tramos sin iluminar» (2012, párr.1).

La iluminación de la vía pretende hacer visibles durante las horas de oscuridad las características del entorno de la vía que permitan al conductor tener mayor información para poder efectuar una respuesta, como la adaptación de la velocidad al aproximarse a una curva. Además permite, en el caso de las intersecciones, percibir con mayor claridad a los peatones y ciclistas que se pueden encontrar en ella.

En un estudio realizado por la Universidad de Newcastle, tras analizar los datos de 14 estudios sobre los efectos del alumbrado público en la seguridad vial, se llegó a la conclusión que el número total de accidentes se redujo entre un 32 y 55 %, y los accidentes con lesiones fatales en un 77 %. (2009, párr.5)

La oscuridad es un factor de riesgo; por lo tanto la buena iluminación de la vía, conseguido a través del alumbrado público, es un herramienta valiosa en la reducción de los accidentes.

c) **Bandas sonoras**

Son dispositivos que modifican la superficie de rodadura de la calzada, cuyo objetivo es transmitir al conductor la necesidad de incrementar su nivel de atención o realizar alguna acción preventiva (como reducir su velocidad) en su aproximación a un tramo en el que existe un posible riesgo, empleando para ello la transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo (Carreteros.org).

B. El Control de la velocidad

La importancia en el control de la velocidad radica en que esta es considerada comúnmente como uno de los factores más determinantes en los accidentes con víctimas. En más de uno de cada tres accidentes, hay una velocidad inadecuada, lo que hace que el número de muertos aumente el 50%.

La velocidad influye de ciertas maneras en la ocurrencia de accidentes de tránsito:

- ✓ Aumenta la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que el conductor detecta una emergencia hasta que reacciona.
- ✓ Aumenta la distancia necesaria para detener el vehículo desde que se reacciona ante una emergencia.

- ✓ Con el aumento de la velocidad disminuyen las posibilidades de recuperación de un vehículo.
- ✓ La severidad del accidente aumenta exponencialmente con la velocidad de impacto. A 50 km/h el riesgo de sufrir lesiones graves para un pasajero del asiento delantero, es tres veces mayor que a 30 km/h. A 65 km/h el riesgo es cinco veces mayor que a 30 km/h.
- ✓ En colisiones a alta velocidad se reduce la efectividad de dispositivos de seguridad, como por ejemplo, bolsas de aire o *airbags*.

La climatología también cobra especial importancia. Cuando es desfavorable, la adherencia de los neumáticos a la superficie de la vía se reduce radicalmente y eso hace más difícil el control de vehículo. Y a mayor velocidad, menor adherencia. Por eso, los investigadores aseguran que con una lluvia o hielo los conductores deberían reducir su velocidad entre un 30 y 60 % sobre la señalizada para moverse en los mismos márgenes de seguridad de una vía seca, cosa poco frecuente, según los expertos, porque los conductores desconocen cuáles son dichos márgenes y su importancia.

El control de la velocidad tiene como objetivo la reducción de la cantidad de colisiones vehiculares, y de las lesiones graves y las víctimas mortales que pueden resultar de dichas colisiones. El control de la velocidad necesita implementar una variedad de medidas que incluirán la vigilancia y el control, la ingeniería y la educación. Estas medidas serán tratadas en un capítulo posterior.

2.2.4.2. Tolerancia de los errores

Es necesario que se contemple en el diseño de la vía ciertas características y medidas que permitan reducir la severidad de los accidentes de tránsito.

A. Ancho de carril

Los anchos de carril de 3.4 a 3.7m generan las menores frecuencias de accidentes en carreteras, y también representan el balance más apropiado entre seguridad y eficiencia del flujo vehicular.

Se ha demostrado que anchos de carril menores de 3 metros contribuyen a generar accidentes multi-vehiculares. Sin embargo se sabe que si se incrementa el ancho de carril más allá de 3.7 m, excepto en el caso de que por elevados volúmenes de camiones de carga carriles de 4 m pudiesen ser apropiados, los efectos pueden ser contraproducentes, dado que estimulan la realización de maniobras inseguras, tales como rebasar a lo largo de la línea central ante tránsito vehicular frontal (Bañon Blázquez & Beviá García, 2000).

B. Arcenes y bermas

El **arcén** es una banda longitudinal afirmada y pavimentada que se dispone junto a los bordes de la calzada, no destinada a la circulación de vehículos. Sus principales funciones son:

- ✓ Constituir una zona de transición entre la zona de circulación de vehículos y el exterior de la vía, donde no hay movimiento a tal velocidad.
- ✓ Actuar como barrera invisible de seguridad, ya que interpone una distancia entre los vehículos y los posibles obstáculos que puedan existir en los márgenes de la carretera.
- ✓ Posibilitar la detención por motivos de emergencia de un vehículo, de forma que no interrumpa o moleste al resto de vehículos que circulan por la vía.
- ✓ Facilitar a los conductores que puedan recuperar el control del vehículo y regresar a la carretera cuando sus vehículos salen fuera de la misma.

Se ha comprobado que arcenes mayores a 2.5m de ancho dan lugar a un incremento de los índices de accidentes, ya que algunos conductores los usan indebidamente como carriles de circulación.

Las **bermas** pueden considerarse como una prolongación transversal no pavimentada de los arcenes, y auxilian a estos en el cumplimiento de algunas de sus funciones. Es en las bermas donde suele colocarse la señalización vertical, así como los elementos de contención de vehículos.

Se ha comprobado que la mayoría de accidentes producidos por salidas de la calzada, el vehículo no se aleja más de 10m de esta. Por ello, es recomendable que no existan obstáculos que aumenten el riesgo de choque o vuelco en un radio de 5 a 15m.

No obstante, estas distancias de seguridad son muy exigentes desde el punto de vista de expropiación y movimientos de tierras, por lo que suele recurrirse a reducirlas y a emplear en su lugar elementos de contención de vehículos (barreras de seguridad), que disipen gradualmente la energía de choque o redirijan el vehículo hacia la vía (Bañon Blázquez & Beviá García, 2000).

C. Medianas

La mediana es una franja divisoria situada en mitad de una carretera que tiene la finalidad de separar físicamente los dos sentidos del tránsito, impidiendo el paso entre carriles de dirección contraria.

Como elemento de seguridad que es, la mediana no sólo debe limitarse a reducir el número de accidentes de forma activa, sino que su diseño debe ser tal que no contribuya a aumentarlos; en este sentido, cualquier vehículo que penetre accidentalmente en ella no debe volcar ni ser objeto de colisión con algún obstáculo situado en la misma, ya que conseguiríamos el efecto contrario al buscado. En medianas amplias, suelen emplearse plantaciones vegetales para evitar el deslumbramiento y servir de colchón de retención para los vehículos.

Según Bañon Blázquez & Beviá García (2000), la anchura mínima de una mediana debe ser de 14 m. entre bordes de plataforma. Dicha distancia asegura que la inmensa mayoría de los vehículos que se salgan lateralmente de la calzada por la que circulan no invadirán la calzada destinada a la circulación en sentido contrario, en el caso de que no existan barreras de seguridad u otro tipo de

dispositivos de contención de vehículos. Mendoza, Quintero y Mayoral (2002) indican que con un ancho de mediana de 9m, entre 70 y 90% de los vehículos que se refugian en ella, no alcanzan los carriles de circulación del otro sentido. Se permite una reducción del ancho de la mediana hasta un límite de 2 m (incluso 1 m en el caso de estructuras singulares debidamente justificadas) siempre y cuando se dispongan elementos de contención de vehículos (Bañon Blázquez & Beviá García, 2000).

D. Barreras de seguridad

Las barreras de seguridad son sistemas de contención de vehículos cuya implantación en las carreteras contribuye a atenuar las consecuencias de un eventual accidente de circulación, reduciendo su gravedad y haciéndolo más predecible, pero no evitando que se produzca. Estos elementos suelen estar ubicados al margen o en las medianas de una carretera (Circulaseguro, 2015). Ver **Figura 7**.

Las barreras de seguridad pueden ser:

a) Rígidas

Son barreras de tipo muro prefabricadas de hormigón, divididas en secciones y conectadas entre sí mediante robustas barras de acero para garantizar el desplazamiento lateral durante los fuertes impactos. Su disposición permite recibir el impacto del vehículo y mover la rueda para orientarla de nuevo hacia la calzada (capacidad de redireccionamiento). No afecta la visibilidad en la carretera porque es más baja que la altura del conductor y no requiere grandes reparaciones después de sufrir cualquier impacto.

b) Semirrígidas

Son barreras metálicas de seguridad fabricadas íntegramente a partir de chapa de acero galvanizada están compuestas por paños o travesaños y postes metálicos, ideadas específicamente para garantizar un alto nivel de contención y seguridad tanto en los márgenes laterales como en las medianas de las carreteras. Pueden ser simples (aptas sólo para el choque por uno de sus lados) o dobles (aptas para el choque por ambos lados) y diseñadas con sistema de protección de motoristas con dos vallas doble onda superpuestas para evitar que el motorista atravesase el espacio libre entre dos postes consecutivos de la barrera y que se golpee directamente con las aristas de dichos postes.

c) Desplazables:

Son barreras de mediana New Jersey, barreras de plástico para separación o protección de calzadas rellenables de agua o arena y en colores rojo o blanco. Su diseño da estabilidad a la calzada y el seguimiento en zonas de curva pudiendo ser desplazadas a modo de señalización circunstancial o por obras.

2.2.4.3. Recuperación de los errores

La condición del vehículo, así como la de la vía son factores a considerar si se busca una reducción en el número de accidentes de tránsito, ya

que en muchas situaciones, por ejemplo, evitar un posible choque depende de la buena condición de estos.

A. Los vehículos en los accidentes de tránsito

La seguridad es la razón más importante por la cual se debe inspeccionar los vehículos, la seguridad para uno mismo y para los demás usuarios de la vía.

Un defecto en el vehículo que sea encontrado durante una inspección podría evitar problemas más adelante. Como por ejemplo una avería en la carretera, la cual costaría tiempo y dinero, o aún peor, un accidente provocado por el defecto.

Entre las averías más corrientes en los vehículos tenemos: los pinchazos, reventones, frenos deficientes, rotura de direcciones, neumáticos en mal estado. Siendo los fallos mecánicos de los vehículos un factor en el suceso de accidentes, un control, vigilancia y mantenimiento de sus componentes ayuda a evitarlos.



Figura 7. Barreras laterales de seguridad
Fuente: Circulaseguro.com (2015)

En Estados Unidos (1982) y en Suecia (1984) se realizaron estudios de los que se desprende una disminución del 10% de los accidentes de tránsito debido a la obligatoriedad de pasar la inspección técnica.

Durante el año 1986, que fue declarado año internacional de la seguridad en carretera en la Comunidad Europea, la Comisión Europea realizó un estudio, que dio como resultado la afirmación que aplicando una inspección técnica obligatoria a todos los vehículos se podrían reducir anualmente en el conjunto de los países de la CEE⁵:

- entre 1.000 y 1.800 los muertos por accidente de tránsito
- entre 65.000 y 127.000 el número de heridos

⁵ Comunidad Económica Europea (CEE).

Todos estos estudios demuestran que en los accidentes de tránsito, existen casi siempre unos cuantos factores que pueden ser la causa, entre los cuales es imposible dar más importancia a uno sobre otro, pero la eliminación de alguno de estos factores, como puede ser un defecto en el vehículo, podría significar que el accidente se habría podido evitar (Pérez, 2003, Sección Responsabilidad de los vehículos en los accidentes, 2).

B. La adherencia del vehículo a la vía

La base del control de un vehículo está en la adherencia entre las ruedas y el terreno por el que se circula. Sin una buena adherencia, las ruedas no pueden ni traccionar ni frenar ni dirigir el vehículo hacia uno u otro lado. Y toda esa responsabilidad recae en la banda de rodadura, es decir, sobre una superficie que mide lo mismo que una mano. Si esa superficie no presenta una buena adherencia, nuestra seguridad se puede ver comprometida.

El problema llega cuando la calzada se moja, y es que cuando el agua se interpone entre la banda de rodadura y el terreno la rueda no se adhiere, sino que pierde contacto con el suelo y puede llegar a patinar. Es entonces cuando el dibujo del neumático juega un papel primordial para que desaparezcan cuanto antes las causas que motivan la falta de adherencia. Un neumático con un diseño apropiado y con una profundidad de dibujo adecuada permitirá que podamos circular con una buena adherencia incluso sobre mojado.

Otro factor que debemos tener en cuenta es la velocidad, y es que una velocidad excesiva puede hacer que sea insuficiente el tiempo que le damos al neumático para que desaloje el agua que se interpone entre la banda de rodadura y el terreno. Por eso, nuestros neumáticos deben estar siempre en buenas condiciones y nuestra velocidad debe adecuarse siempre a las circunstancias.

Capítulo 3

Prevención e identificación de accidentes

3.1. Auditoría de seguridad vial

Según Díaz Pineda (2006), una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un procedimiento formal y sistemático en el que un equipo de auditoría, independiente y calificado, comprueba las condiciones de seguridad de un proyecto de una carretera nueva, de una carretera existente o de cualquier proyecto que pueda afectar a la vía o a los usuarios. Las ASV tienen como finalidad garantizar que las carreteras, desde su primera fase de planeamiento, se diseñen con los criterios óptimos de seguridad para todos sus usuarios, verificando que se mantengan dichos criterios durante las fases de proyecto, construcción y puesta en servicio de la misma.

3.1.1. Beneficios de las auditorías de seguridad vial

Llevar a cabo una ASV presenta varios beneficios:

- ✓ Reduce la probabilidad de que se produzcan accidentes en la red de carreteras, así como su grado de severidad.
- ✓ Genera en los responsables del diseño y de la gestión de tránsito una mayor “conciencia de seguridad vial”, pues se toman en cuenta las necesidades de cada tipo de usuario de la vía, en particular la de los más vulnerables (peatones, ciclistas, niños, ancianos, etc.).
- ✓ Crea en los ingenieros involucrados en la planificación, diseño, construcción y operación del proyecto, el principio de prevención antes que el de corrección. Debido a que el cumplimiento de la normativa de diseño no garantiza la seguridad de las vías, es necesario una evaluación que determine si la combinación de los diversos elementos de la vía aseguran un grado

apropiado de seguridad, de tal manera que se evite una posible corrección de diseño ya que esto involucra altos costos.

3.1.2. Objetivos de las auditorías de seguridad vial

Las ASV tienen como objetivo principal asegurar que todas las vías operen en sus máximas condiciones de seguridad; la seguridad se debe tener en cuenta en la planificación, en la construcción de la obra y en su mantenimiento. De esta manera se minimiza la posibilidad de aparición de situaciones de riesgo que puedan implicar accidentes, es decir, actúa como medida preventiva.

3.1.3. Etapas para la realización de auditorías en carreteras nuevas

Originalmente las ASV en carreteras nuevas se realizaban en tres etapas: la etapa 1 se llevaba a cabo en el diseño preliminar, la etapa 2 en el diseño de detalle y la etapa 3 en la pre-apertura del tramo. Pronto se vio la necesidad de aplicar los principios de seguridad antes de elaborar el proyecto preliminar, de manera que se añadió al proceso la etapa de viabilidad.

Algunas Administraciones realizan ASV después de la apertura de la carretera al tránsito, como una extensión de la etapa de pre-apertura. En algunos países se realiza una quinta etapa de auditoría sobre carreteras en servicio, denominada seguimiento o control, en la que ingenieros experimentados recorren tramos de carreteras revisando la seguridad de la vía, su entorno y posibles cambios en el tránsito o en los usos de la vía y el espacio colindante que pudieran afectar a la seguridad de los usuarios (Díaz Pineda, 2006)

A continuación se detallan los aspectos de la seguridad que es necesario comprobar en cada una de las etapas.

3.1.3.1. Factibilidad

En esta etapa, el papel de los auditores consiste en analizar el diseño del tramo con los responsables de la planificación del uso del suelo, del transporte y en general con todos los implicados en la toma de decisiones de la futura carretera o de los cambios que se realizarán en la carretera existente en relación a su trazado y a su seguridad.

Es en esta fase cuando se toman las decisiones más importantes sobre el trazado, se estudian distintas opciones de rutas, secciones transversales, estándares de equipamiento, elección del tipo de intersección que se va a utilizar, tratamiento de otros puntos singulares, etc. Ver **Figura 8**.

Esta fase prevé las interacciones de este proyecto con otras carreteras incluidas en su área de influencia y la necesidad de realizar proyectos de seguridad vial complementarios para adaptar estas carreteras a los cambios en los usos y tránsitos que provocará la puesta en servicio del nuevo tramo.

3.1.3.2. Diseño preliminar

Se analizan aspectos como la velocidad de proyecto, la geometría de las intersecciones, trazado horizontal y vertical, distancias de visibilidad y de

parada, anchos de carril y berma, peraltes, infraestructura para peatones y ciclistas, funcionamiento del transporte público. Es la última oportunidad que el auditor tiene para cambiar radicalmente cualquier aspecto fundamental del proyecto del tramo. Ver **Figura 9**.

Es importante incorporar en esta etapa la idea de que la propia carretera y su entorno deben transmitir a sus usuarios las condiciones básicas de circulación, tratando de que no se produzcan cambios bruscos o inesperados en toda la ruta.



Figura 8. Selección de la ruta de la vía

Fuente: Auditorías de seguridad vial como herramientas de prevención de accidentes

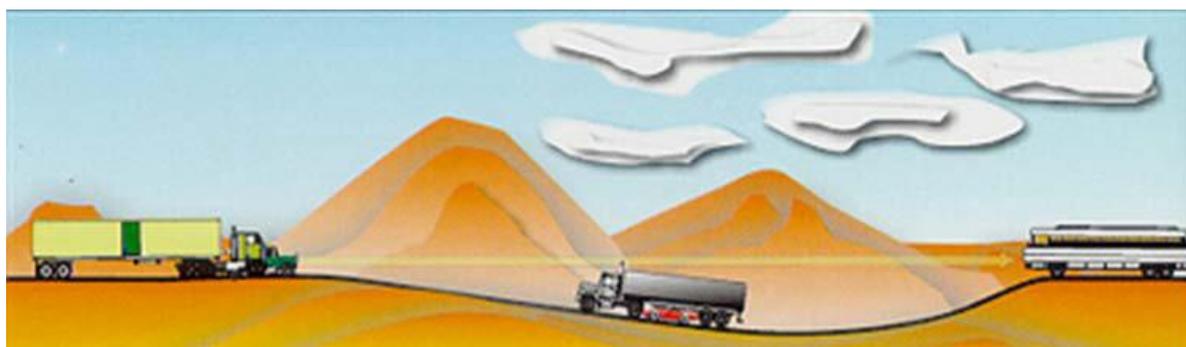


Figura 9. Alineamiento vertical peligroso

Fuente: Auditorías de seguridad vial como herramientas de prevención de accidentes

3.1.3.3. Diseño de detalles

Los aspectos que deben contemplarse en esta etapa incluyen el diseño geométrico, señalización vertical y horizontal (el uso incorrecto de las señales, por parte de las autoridades competentes, causa confusión y causa que estas sean ignoradas), sistemas de contención, mobiliario urbano, iluminación,

apantallamiento acústico y visual, seguridad de las intersecciones, instalaciones para usuarios vulnerables, capa de rodadura, entorno. Deben subrayarse los cambios necesarios en el proyecto para evitar que se produzcan costes adicionales en la etapa de construcción. Ver **Figura 10**.

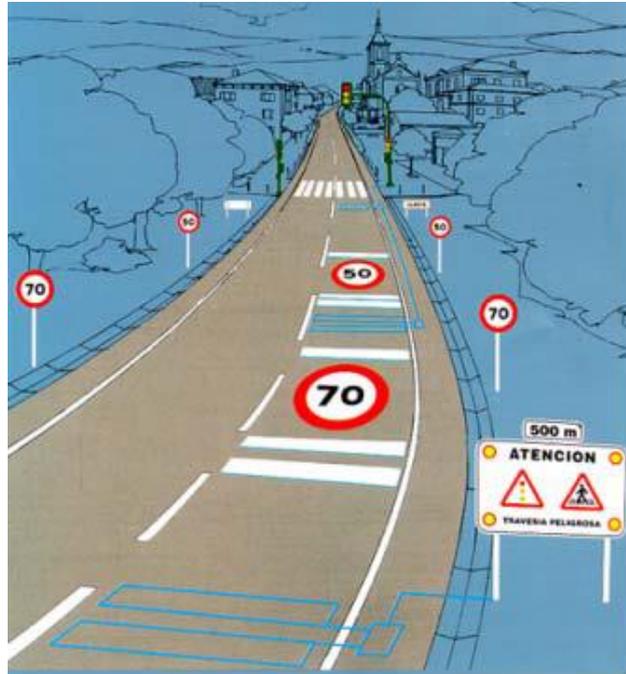


Figura 10. Señalización vertical y horizontal

Fuente: Auditorías de seguridad vial como herramientas de prevención de accidentes

Durante esta fase deberá tenerse presente que la seguridad no se consigue automáticamente por el cumplimiento de normas y directrices, pero que son un buen punto de partida en cualquier diseño, puesto que garantizan al usuario un tratamiento homogéneo y coherente, y deberán ser aplicadas excepto en situaciones particulares en las que sea poco probable que proporcionen un nivel satisfactorio de seguridad.

3.1.3.4. Pre-apertura

Se debe verificar que todos los cambios introducidos en las etapas anteriores han quedado adecuadamente reflejados en la construcción de la carretera. En esta etapa puede ser necesario modificar algunos aspectos de la obra para asegurar que no se envían mensajes erróneos a los usuarios de la carretera que puedan comprometer su seguridad.

El equipo auditor debe recorrer el tramo desde todas las direcciones y en todas las intersecciones, no solo conduciendo un turismo, sino también a pie, en bicicleta e incluso en autobús o en un camión, para comprobar ciertos giros o maniobras de acceso. Los recorridos deberán realizarse durante el día y durante la noche. Los aspectos a considerar en esta etapa son muy numerosos y varían de una Administración a otra. Ver **Figura 11**.

3.1.4. Auditoría de seguridad vial en carreteras abiertas al tránsito

Los potenciales beneficios de las ASV en carreteras nuevas como una de las principales herramientas preventivas para disminuir la accidentalidad no se pone en duda hoy en día. Parece claro que las ASV en carreteras en servicio permitirían identificar problemas que podrían ser pasados por alto en tramos que no hayan sido catalogados como tramos de concentración de accidentes (TCA). Aun así, en las condiciones habituales de restricciones presupuestarias, suele resultar más rentable invertir en la identificación y mejora de los TCA.



Figura 11. Recorrido de la vía a pie

Fuente: Auditorías de seguridad vial como herramientas de prevención de accidentes

Las ASV en carreteras en servicio se podrían definir como un procedimiento sistemático en el que un profesional cualificado comprueba las condiciones de seguridad de un tramo de carretera o de una ruta completa, analizando todos los aspectos de la vía y su entorno que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios, no sólo motorizados, sino también otros usuarios vulnerables, como ciclistas o peatones.

Es necesario dejar en claro que la aplicación de las ASV en carreteras existentes no supone en ningún caso una propuesta de abandono de los procesos de gestión de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), sino que se trata de metodologías que se deberían aplicar de manera complementaria dentro de un plan amplio de mejora de la seguridad vial, incluyendo planteamientos paliativos, basados en gestión de TCA, y preventivos, basados en la aplicación de las ASV tanto en proyectos de carreteras nuevas como en aquellas ya abiertas al tránsito.

Según Díaz Pineda (2006), aproximadamente el 20% de los accidentes ocurren en los TCA, por lo que parece sensato utilizar otras herramientas que permitan identificar situaciones peligrosas, reales o potenciales, en las que podrían ocurrir el 80% restante. Si bien es cierto que la rentabilidad económica de las actuaciones en TCA es máxima, no se debe obviar la representatividad de los accidentes que ocurren fuera de estos tramos.

Los planteamientos para la realización de las ASV en carreteras en servicio se conciben en algunos países como una última etapa en el proceso global de auditoría. Se plantea así una etapa de control regular de la vía tras su apertura, de manera que se analicen las estadísticas de accidentalidad y se realice un exhaustivo trabajo de campo para comprobar el funcionamiento y el estado de conservación de la infraestructura y su entorno desde el punto de vista de la seguridad de todos los usuarios. Este mismo planteamiento se puede realizar sobre otras vías, independientemente de que su apertura haya sido o no reciente.

3.2. Tramos de concentración de accidentes

Los tramos de concentración de accidentes (TCA) son tramos de la red (secciones cortas de vía o intersecciones) que presentan un riesgo de accidente significativamente superior a la media registrada en los tramos de características similares, es decir, determina los tramos con una siniestralidad acentuada en comparación con tramos similares.

La identificación de los TCA se realiza en base a que una acumulación de accidentes en un tramo puede no ser aleatoria sino que puede estar relacionada con alguna característica de la vía y/o su entorno. Por tanto, los factores que contribuyen a la acumulación de accidentes deben ser identificables para poder actuar sobre ellos y corregir, con medidas correctoras teniendo en consideración las características de la ruta del que forma parte el tramo, favoreciendo la homogeneidad.

3.2.1. Análisis de tramos de concentración de accidentes

Después que los TCA han sido identificados, el siguiente paso es analizar estos lugares para identificar la naturaleza y las causas del problema de seguridad; y entonces identificar las medidas apropiadas. Este paso requiere de un gran análisis e involucra un juicio apropiado por parte del analista. Para superar algunas inconsistencias y la subjetividad entre los analistas, muchas autoridades han establecido detallados enfoques sistemáticos para el análisis de los TCA. Estos análisis incluyen muchos procedimientos basados en información de accidentes, del medio ambiente, del tránsito y del comportamiento de los conductores. Sayed (1995), hace una breve descripción de estos procedimientos, los cuales serán mencionados a continuación:

3.2.1.1. Procedimientos basados en los accidentes

Incluyen estudiar y analizar la información de accidentes en los TCA para identificar problemas de seguridad y sus posibles causas. Las principales características de accidentes examinadas incluyen:

A. Tipos de accidentes

Los tipos de accidentes predominantes en cada tramo (lateral, frontal, etc.) son identificados. Estos tipos de accidentes sirven como un indicador de las posibles causas de los problemas de seguridad.

B. Severidad de los accidentes

Los accidentes son clasificados de acuerdo a su severidad (fatal, con lesiones o solo con daños en la propiedad), este análisis es llevado a cabo para ayudar en la identificación de deficiencias en la seguridad y en la selección de medidas de seguridad adecuadas a partir de las características de los accidentes individuales.

C. Circunstancias que contribuyen con los accidentes

Este análisis es realizado para identificar las causas posibles de accidentes basadas en las circunstancias que contribuyeron con el accidente según el oficial de policía que estuvo presente. Existen tres principales categorías de circunstancias contribuyentes: relacionado con el conductor, con el medio ambiente y con el vehículo. Basado en este análisis, las causas de los accidentes pueden ser identificadas y posibles medidas pueden ser sugeridas.

D. Condiciones del entorno durante el accidente

Este análisis identifica las causas de los accidentes relacionadas con las condiciones del entorno, es decir condiciones de iluminación (luz de día, anochecer, oscuridad, etc.) y las condiciones de la superficie de la vía (seco, húmedo, etc.). El resultado de este análisis es el porcentaje de accidentes involucrados en particulares condiciones (accidentes de noche, accidentes por la humedad de la vía, etc.) del total del número de accidentes.

3.2.1.2. Procedimientos basados en el entorno de la vía

Estos procedimientos son llevados a cabo para valorar las condiciones del entorno de la vía el, cual puede contribuir en la frecuencia y el tipo de los accidentes de tránsito. Las características del entorno de la vía examinadas usualmente incluyen la geometría de la vía (ancho de los carriles, ancho de arcenes y bermas, aceras, medianas, etc.), las condiciones del pavimento (resistencia al deslizamiento), y las condiciones de iluminación. Los procedimientos basados en el entorno de la vía incluyen:

A. Estudio del inventario de la calzada

En este estudio las dimensiones de la calzada y del borde del camino (ancho del carril, ancho de arcenes y bermas, aceras, medianas, etc.) son obtenidas. Este procedimiento es muy importante para determinar las causas de los accidentes y asegurando que la medida tomada para el sitio es apropiada.

B. Estudio de la distancia de visibilidad

Este estudio es usado para medir la distancia de visibilidad a lo largo de una intersección o sección de vía para determinar si es adecuada. Hay cuatro tipos de distancias de visibilidad; la de parada la cual es la mínima distancia de visibilidad requerida para reaccionar de manera segura y parar en respuesta a una condición insegura; la de decisión la cual es la distancia requerida para detectar un peligro inesperado e iniciar y completar la maniobra requerida con seguridad y eficiencia; la de intersección la cual es la mínima distancia requerida para responder adecuadamente al tránsito de cruce; y la de paso la cual es la mínima distancia requerida para pasar a otro vehículo en un vía de doble carril de manera segura.

C. Estudio de la resistencia al deslizamiento

La necesidad de este estudio es usualmente basada en una sobre representación de accidentes en un clima húmedo. La resistencia al deslizamiento describe el nivel de fricción entre la superficie de la vía y el neumático del vehículo cuando el neumático no puede rotar. Hay diferentes modos de mediciones de la resistencia al deslizamiento. El método más común es el modo de frenado con la rueda bloqueada el cual mide la fuerza requerida para detener un neumático específico, mientras es impedido de rotar. Los resultados de las pruebas de resistencia al deslizamiento son comparados con estándares pre establecidos basados en la velocidad de viaje de los vehículos.

D. Estudio de la iluminación

Este estudio se basa en la sobre representación de los accidentes nocturnos comparados con sitios similares. Este puede ser llevado a cabo para proponer la iluminación de un determinado lugar o mejorar la iluminación ya existente.

3.2.1.3. Procedimientos basados en el tránsito

Estos procedimientos estudian las características del tránsito de un lugar. Las principales características usualmente consideradas son: volumen de tránsito, tiempo de viaje y los retrasos, y estudios de los espacios. Los hallazgos de estos estudios son usados en conjunto con la información de accidentes para determinar las deficiencias en seguridad e identificar medidas confiables de tránsito.

A. Estudio del volumen del tránsito

El objetivo del estudio del volumen es determinar el número y el movimiento de los vehículos y peatones en un lugar. La información del volumen es usado para reflejar el nivel de servicio y la habilidad del lugar para cumplir con la demanda del tránsito.

B. Estudio de velocidad en un lugar

Este estudio es usado para determinar la distribución de la velocidad de un flujo de tránsito en un lugar. Es bien conocido que muchos de los accidentes son causados por excesos de velocidad. Estos patrones incluyen: accidentes por choque lateral y giro a la izquierda en intersecciones, choques frontales o despistes en secciones de curvas, y accidentes severos en todos los lugares. El resultado del estudio de la velocidad es usado para justificar la necesidad de medidas tales como una aplicación rigurosa de la ley sobre los límites de velocidad, etc.

C. Estudio del tiempo de viaje y los retrasos

Este estudio es usualmente llevado a cabo en lugares donde los patrones de accidentes revelan accidentes relacionados a la congestión (choque trasero, lateral y por giro a la izquierda). Estos tipos de accidentes usualmente son de baja severidad siempre y cuando ocurran a bajas velocidades y durante un alto volumen de tránsito. Los resultados de estos estudios son también muy importantes en el análisis económico de las medidas de seguridad las cuales tienen un efecto en el tiempo de viaje y los retrasos.

D. Estudio de los espacios

El estudio de los espacios es usualmente llevado a cabo en lugares que tienen accidentes en confluencias o cruces. Los patrones de accidentes que son usualmente relacionados a la disponibilidad de espacios son los roces entre vehículos o los choques traseros en rampas de autopistas, accidentes con peatones y accidentes por confluencia o cruce en intersecciones señalizadas o no señalizadas. Los resultados de los estudios son usualmente usados para justificar los controles de tránsito adicionales.

3.2.1.4. Estudios basados en el comportamiento del conductor

Los factores relacionados con el conductor juegan un papel muy importante en la mayoría de los accidentes. Por lo tanto, la información sobre el conductor en los TCA puede ser muy importante para determinar las causas de los accidentes en estos lugares. Esta información puede ser obtenida usando los estudios de conflicto de tránsito. Los estudios de conflicto involucran la recolección y el análisis de los conflictos de tránsito. Un conflicto de tránsito es una situación en que el conductor tiene que tomar una acción evasiva para evitar una posible colisión. Los estudios de los conflictos pueden ser útiles en:

- ✓ La identificación de los TCA
- ✓ El diagnóstico general de la causa de accidentes
- ✓ El desarrollo de medidas de seguridad en sitios particulares

3.2.1.5. Identificación de deficiencias en la seguridad

Después que el proceso de análisis de accidentes ha sido realizado, la información es unida y usada por el analista para identificar las deficiencias de seguridad en el lugar. Cada una de las posibles causas de accidentes, derivadas de los procedimientos antes mencionados, son valoradas identificando en una lista las causas probables de los accidentes. La lista es usada para desarrollar medidas. Sin embargo, la identificación de los factores contribuyentes de accidentes no es simple. La principal dificultad es la compleja interacción entre estos factores. Rara vez puede un accidente ser atribuido a un solo factor contribuyente o causa. El analista debe utilizar su conocimiento y experiencia para identificar las causas de los accidentes.

3.2.1.6. Selección de la medida

Similar a identificar la causa de los accidentes, la decisión en la elección de una medida es usualmente hecha en base a la experiencia en ingeniería y el juicio.

Al hacer estos juicios, muchos analistas no confían en un detallado análisis formal sino en cambio en utilizar su conocimiento de las medidas y experiencias previas con su uso. Sin embargo, para ayudar en el proceso de selección, hay muchas publicaciones las cuales intentan documentar las reglas de oro generales usadas para analizar la información de los accidentes en lugares específicos y la lista de las posibles medidas.

Capítulo 4

Medidas para el control de la velocidad

4.1. Control de la velocidad

Para poder comprender el porqué de la necesidad de controlar la velocidad debemos entender de qué manera esta incrementa el riesgo de accidentes de tránsito y el riesgo de muerte o lesiones graves, de tal manera que las medidas que se proponen para su control sean entendidas como medios para incrementar la seguridad vial, las cuales consideran el beneficio de todos los usuarios de las vías, especialmente los más vulnerables (peatones y ciclistas). El control de la velocidad necesita implementar una variedad de medidas que incluirán la vigilancia y el control, las penalizaciones, la educación y la ingeniería.

4.1.1. Vulnerabilidad del factor humano

Dado el carácter impredecible del comportamiento humano en un entorno de tránsito complejo es poco realista esperar que todas las colisiones puedan prevenirse. Es por esta razón que se debería prestar más atención a la vulnerabilidad del factor humano (conductores, peatones y ciclistas) a las lesiones a la hora de diseñar el sistema de transporte, ya que podrían obtenerse importantes beneficios cuando se produzca una colisión, al reducir la posibilidad de lesiones graves o víctimas mortales. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de tránsito no están diseñados sobre esta base. En muchas ocasiones no se separa a los automóviles de los peatones mediante el establecimiento de sendas peatonales. En la mayoría de los casos no se implementan límites de velocidad de 30 km/h en áreas residenciales de espacio compartido. Desde el punto de vista histórico, los paragolpes de los automóviles y autobuses no están diseñados para proteger a los peatones de las lesiones causadas por choques a la velocidad de 30 km/h o más.

La velocidad ha sido identificada como un factor clave en la severidad de las lesiones en los accidentes de tránsito. Esto se debe a que, a medida que la velocidad aumenta, mayor es la energía mecánica (cinética) que debe ser absorbida por el impacto. Por lo tanto la probabilidad de sufrir una lesión grave o mortal aumenta.

Se debe tener en cuenta que la fuerza a la que el cuerpo humano es sometido en el impacto es el producto de la masa y la velocidad implicadas. La energía cinética que se debe absorber es igual a la mitad de la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad, lo que demuestra que el efecto de la velocidad se ve extremadamente intensificado a medida que la velocidad aumenta. El nivel de daño corporal dependerá de la forma y la rigidez de la superficie u objeto de colisión, pero por lo general la velocidad juega el papel más importante (Sociedad Global de Seguridad Vial [GRSF por sus siglas en inglés], 2008).

Los usuarios vulnerables de la vía pública, tales como los peatones, los ciclistas y los conductores de motocicletas, cuentan con un alto riesgo de sufrir lesiones graves o mortales cuando los automóviles colisionan contra ellos. Esto se debe a que con frecuencia están completamente desprotegidos o, en el caso de los motociclistas, cuentan con una protección muy limitada. La probabilidad de que un peatón muera al ser atropellado por un automóvil aumenta considerablemente con la velocidad. Las investigaciones indican que mientras la mayoría de los usuarios vulnerables (sin protección) de la vía pública sobreviven si son atropellados por un automóvil que se desplaza a 30 km/h, la mayoría muere al ser atropellado por un automóvil que se desplaza a 50km/h o más (GRSF, 2008). Ver **Figura 12**.

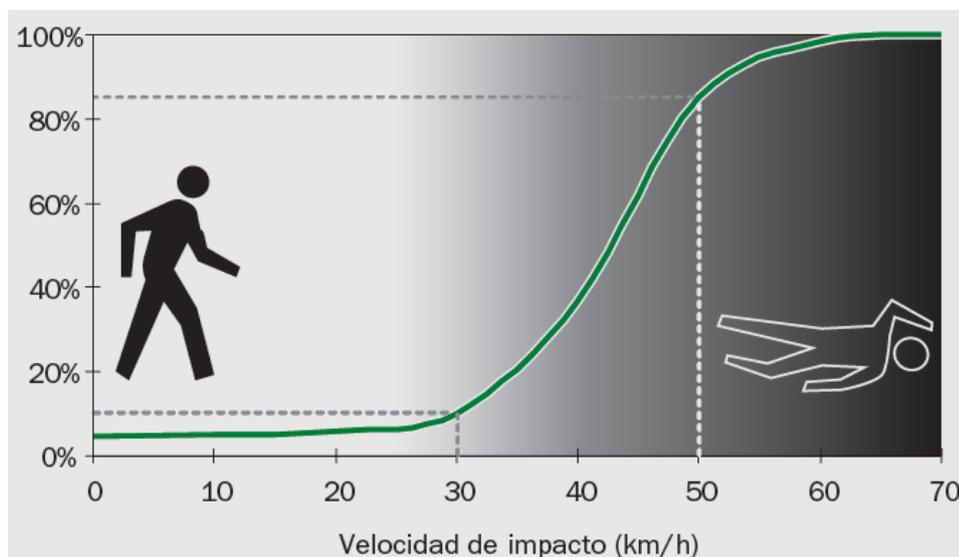


Figura 12. Probabilidad de lesión mortal para un peatón que colisiona contra un vehículo
Fuente: Control de velocidad: Un manual de seguridad para los responsables de tomar decisiones y profesionales (2008)

Para los ocupantes de automóviles, la utilización del cinturón de seguridad y conducir automóviles bien diseñados, generalmente puede brindar protección en un impacto frontal de hasta un máximo de 70 km/h y hasta 50 km/h en la mayoría de los impactos laterales. Velocidades superiores podrían ser

toleradas si la infraestructura de la carretera contemplara medidas para amortiguar los choques, como el uso de vallas de contención, de tal manera que se puedan evitar los choques con los objetos del borde de la carretera o con otros vehículos en sentido contrario.

4.1.2. Incidencia de la velocidad en los accidentes

La mayoría de los especialistas de seguridad vial concuerda en que el mayor contribuyente de víctimas fatales de una colisión a nivel mundial es la mala elección de la velocidad, comúnmente entendida como el uso inapropiado de velocidades vehiculares o exceso de velocidad.

Las velocidades superiores aumentan el riesgo de una colisión por varias razones. Es más probable que el conductor pierda el control del vehículo, no pueda anticipar a tiempo los peligros que se aproximan y que no permita a los otros usuarios de la vía pública calcular adecuadamente la velocidad del vehículo. Es evidente que la distancia recorrida desde el momento en que el conductor o motociclista reacciona a una situación peligrosa en la carretera hasta que se detiene será mayor cuando se viaja a una velocidad superior. Ver **Figura 13**.

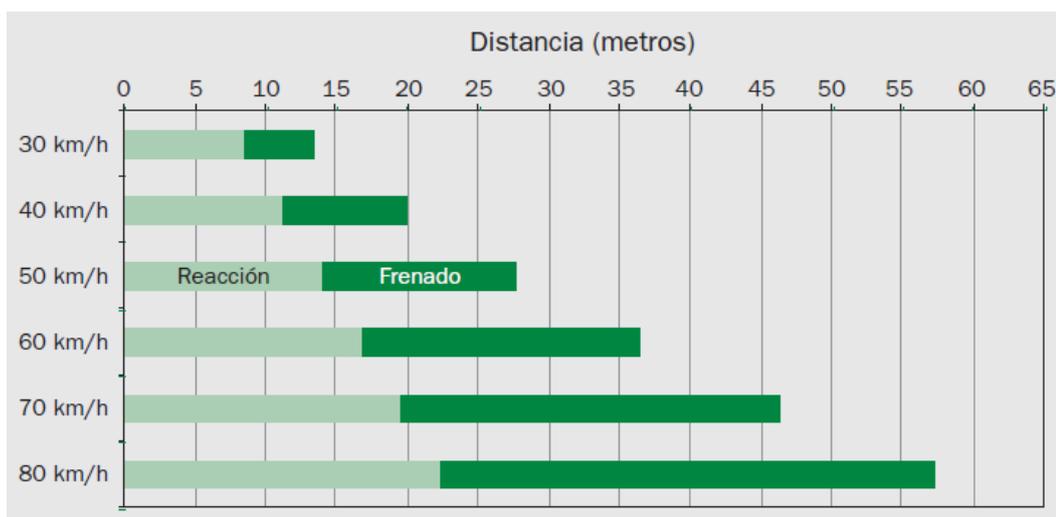


Figura 13. Distancias de reacción del conductor y de frenado

Fuente: Control de velocidad: Un manual de seguridad para los responsables de tomar decisiones y profesionales (2008)

Existe un amplio cuerpo de investigaciones en todo el mundo que demuestra claramente la relación entre la velocidad y el riesgo. Una consistente conclusión de las investigaciones demuestra que las velocidades superiores aumentan el índice de colisiones, lesiones y víctimas mortales, y que la disminución de la velocidad lo reduce. Un ejemplo es el “Modelo de energía” que estima los efectos de los cambios en la velocidad promedio en la incidencia y la gravedad de las colisiones vehiculares. Indica que un aumento del 5% en la velocidad promedio lleva a un aumento aproximado del 10% en los choques vehiculares que producen lesiones, y un aumento del 20% en aquellos que producen víctimas mortales (GRSF, 2008).

4.1.3. El Sistema seguro de tránsito

El objetivo de un sistema seguro es lograr un sistema vial que permita los errores humanos y que considere las vulnerabilidades físicas de los usuarios, de tal manera que estos errores no tengan como resultado víctimas fatales o lesiones graves. La propuesta del sistema seguro busca minimizar la gravedad de las lesiones durante una colisión, y se basa en la premisa de que los usuarios de la vía no deberían morir a causa de las fallas del sistema.

Las consecuencias que tiene la adopción de un enfoque de Sistema seguro en el control de la velocidad dan como resultado, por ejemplo:

- ✓ La utilización de un límite de velocidad de 30 km/h en zonas urbanizadas donde hay una combinación de usuarios vulnerables de la vía pública y tránsito automovilístico.
- ✓ Una reducción en las probabilidades de colisiones vehiculares mortales de impacto lateral en intersecciones (por lo general se prefiere construir una rotonda en lugar de instalar semáforos, y se recomienda limitar las velocidades de aproximación a menos de 50 km/h).
- ✓ Una reducción en las probabilidades de colisiones vehiculares mortales frontales en carreteras con una única calzada bidireccional (se deberían utilizar barreras centrales para los grandes volúmenes de tránsito, o deberían mantenerse los límites de velocidad por debajo de los 70 km/h).

4.2. Establecimiento de los límites de la velocidad en función de la jerarquía y función de la carretera

Según el GRSF (2008), para que exista un control de la velocidad a largo plazo, es importante establecer una jerarquía y función de uso de la carretera, ya que el riesgo y la severidad de los accidentes también varía dentro de estos dos grandes grupos.

En el nivel más alto de la jerarquía se encuentran las carreteras dirigidas principalmente al transporte de personas y productos a través de largas distancias y a lo largo de las zonas rurales. Generalmente, en estas rutas nacionales se permiten límites de velocidad más altos que en las carreteras departamentales y locales. En el otro extremo de la jerarquía, muchas veces las vías locales se adaptan a una variedad de funciones y tipos de usuarios de la vía pública, y por lo tanto casi siempre se les asignan límites de velocidad más bajos para garantizar la seguridad de todos los usuarios de la vía pública.

La clasificación de cada vía según su función particular reflejará el uso actual en la mayoría de los casos. La función de una carretera dentro de una jerarquía proporciona una base para aplicar controles de velocidad más coherentes a lo largo de la red vial, reconociendo al mismo tiempo que los tramos o carreteras de mayor riesgo necesitaran diferentes límites de velocidad para responder a su riesgo relativo. Por ejemplo, las zonas de escuelas, las áreas comerciales y las zonas meramente residenciales pueden contar con límites que aseguren que los usuarios vulnerables y jóvenes de la vía pública no corran el

riesgo de sufrir lesiones graves. Para estas zonas, son apropiados los límites bajos de hasta 20 km/h.

Se debe realizar periódicamente una revisión de las clasificaciones de las carreteras, teniendo en cuenta el crecimiento de la población, la urbanización, la combinación de tránsito, la cantidad de usuarios vulnerables de la vía pública y otros factores que cambian el tipo de uso de la vía pública.

4.3. Métodos de vigilancia y control de la velocidad

Varias fuerzas policiales han adoptado a nivel internacional métodos de vigilancia y control basados en la propuesta “en cualquier lugar, en cualquier momento” para disuadir de todo exceso de velocidad en la red. El mensaje es claro: el exceso de velocidad es un comportamiento ilegal e inaceptable, y opuesto a los intereses de la comunidad (GRSF, 2008).

Convencer al público de esto puede ser difícil. Usualmente requiere de recursos sustanciales para la implementación de policía móvil o cámaras portátiles (Ver **Figura 14.**), complementados con cámaras fijas en lugares de alto riesgo. También dependerá de una intensa publicidad pública para instalar la percepción de que se está llevando a cabo una vigilancia y control generalizado.



Figura 14. Uso de radar de control de velocidad
Fuente: Ahorroacierto.com (2015)

La implementación de una vigilancia y control de la velocidad altamente visibles (policía o cámara fija) siempre en las mismas áreas tiene como resultado una amplia probabilidad de que los conductores se vean disuadidos de exceder la velocidad sólo en esas áreas específicas.

La implementación de patrullas policiales o cámaras de velocidad dirigidas estratégicamente, ubicados en lugares no publicitados, incrementa en el público la percepción de que la vigilancia y control de la velocidad puede llevarse a cabo en cualquier lugar y en cualquier momento. La imprevisibilidad de dónde y cuándo se realizan las operaciones de vigilancia y control de la velocidad tendrá un efecto disuasivo más general mediante la estimulación de los conductores para que conduzcan dentro del límite de velocidad, sin importar dónde y cuándo estén transitando.

4.4. Uso de penalizaciones

Para garantizar una disuasión efectiva, es indispensable que las penalizaciones legales se establezcan a un nivel suficiente de severidad. Los niveles de multas y/o puntos deméritos o de descuento que pueden llevar hasta la suspensión de la licencia, deben intensificarse a medida que aumenta el nivel de

exceso de velocidad por encima del límite. La implementación de sistemas de licencias por puntos aplicados de forma eficiente en muchos países ha ido acompañada por reducciones sustanciales de traumatismos en la carretera (GRSF, 2008).

Es importante que el nivel de severidad de las penalizaciones para los diferentes niveles de exceso de velocidad refleje el riesgo que presenta el nivel particular de exceso de velocidad para la vida humana. La suspensión de la licencia (y para las velocidades muy altas, la cancelación de la licencia) puede ser una medida efectiva contra el exceso de velocidad y, en algunos países, la pérdida inmediata de la licencia puede suceder cuando los conductores son detectados transitando a 25 km/h o más por encima del límite de velocidad. Otras penalizaciones tales como la incautación o confiscación del vehículo por el exceso de velocidad extremo o repetitivo, también pueden ser efectivos elementos de disuasión.

También es esencial que, cuando se dispongan las sanciones sobre licencias (como las suspensiones, descalificaciones o cancelaciones), la policía y las autoridades de emisión de licencias cuenten con la capacidad de hacer efectivas estas sanciones de manera estricta.

Es necesario reconocer que tanto los límites de velocidad sin vigilancia y control, como el control sin sanciones adecuadas, usualmente dan como resultado un control de velocidad ineficaz. En consecuencia, la vigilancia y el control, y las sanciones por velocidad serán, por lo general, necesarios siempre para asegurar el cumplimiento de los límites de velocidad.

En algunos países, es más probable ser detectado por la policía y acusado de una infracción, que sufrir una colisión grave. Por lo tanto, para el individuo, es más probable que sea el riesgo de ser detectado y sancionado, y no su temor a sufrir una colisión vehicular, lo que influya en su elección de velocidad. La percepción de la vigilancia, control y sanción de la velocidad es una influencia sobre el comportamiento mucho más fuerte que los mensajes sobre el riesgo de sufrir una lesión por exceso de velocidad.

4.5. Campañas publicitarias de seguridad vial

Las campañas de seguridad vial en los medios de comunicación pueden cambiar el nivel de concientización y las actitudes, pero hay poca evidencia que demuestre que puedan producir cambios en el comportamiento sin una vigilancia, control y penalización que las acompañe. Sin embargo, hay buenas razones para llevar a cabo una campaña de educación del público acerca de los riesgos asociados con el exceso de velocidad y los beneficios asociados con la reducción de las velocidades de tránsito medias en cualquier tramo de la carretera o calle.

Muchas veces, el propósito de las campañas de control de la velocidad es ganar mayor apoyo del público para medidas que tendrán efecto en el comportamiento individual de los usuarios de la vía pública, como legislación, penalizaciones más fuertes, mayor vigilancia y control, o cambios en la ingeniería vial. En otras palabras, el objetivo es crear una demanda para el control de la velocidad. Esto permitiría que al gobierno le resulte más fácil

actuar, mediante la reducción de algunas de las resistencias de la comunidad, con las que de otro modo se podrían encontrar.

Es importante comprender que, si bien la comunicación drástica de los ocasionales daños devastadores causados por los accidentes de tránsito relacionados con la velocidad, generalmente no produce cambios en el comportamiento individual de los conductores, si puede servir como un llamamiento a la acción, o una forma de llamar la atención a la comunidad sobre la importante amenaza de sufrir lesiones.

La comunidad necesita entender por qué se busca el respeto de los límites de velocidad, cuales son los beneficios y por qué es necesario que ellos modifiquen su comportamiento.

4.6. La moderación del tránsito

La moderación del tránsito es definido por el Instituto de ingeniería de tránsito (ITE, por sus siglas en inglés) como “La combinación de, principalmente, medidas físicas para reducir los efectos negativos del uso de vehículos a motor, modificar el comportamiento del conductor y mejorar las condiciones para los usuarios no motorizados de las calles”.

El concepto de moderación del tránsito involucra alteraciones físicas a la vía o a la calle, lo cual causa o invita a los motoristas a reducir su velocidad de circulación y prestar una mayor atención a la tarea de conducir. Estas medidas buscan cambiar la psicología del individuo en la calle ya que busca la integración pacífica en un mismo medio de peatones, ciclistas y automóviles. Algunos resultados incluyen la reducción de la velocidad y el volumen del tránsito, la reducción en la severidad de los accidentes, reducir la necesidad de la aplicación de la ley, mejorar la seguridad para los peatones y los ciclistas y mejorar el acceso para todos los modos de tránsito.

El departamento de carreteras de Massachusetts clasifica a las medidas de moderación del tránsito en tres tipos:

- ✓ Las que reducen la anchura real o aparente de la calle.
- ✓ Las que desvían (introduciendo curvatura) a la trayectoria del vehículo.
- ✓ Las que alteran el perfil vertical de la trayectoria del vehículo.

4.6.1. Beneficios potenciales e impactos

Cuando se utiliza en entornos apropiados, la reducción en la velocidad del vehículo obtenida a través de las medidas de moderación del tránsito reducen tanto la frecuencia como la gravedad de las colisiones. Además, estas medidas tienen la intención de aumentar la atención del conductor para que los vehículos sean menos propensos a colisionar. Un número de estudios apoyan la correlación entre la reducción de la velocidad del vehículo y la reducción de la severidad de las colisiones. Para colisiones entre vehículos y peatones, la gravedad de las lesiones aumenta drásticamente a medida que aumenta la velocidad del vehículo. (Ver **Figura 15.**) Las medidas para moderar el tránsito pueden mejorar la comodidad del peatón:

- ✓ Reduciendo las distancias de los cruces de peatones, y el grado de conflicto entre peatón y vehículo.
- ✓ Reduciendo la velocidad de los vehículos, sus distancias de frenado, y la severidad de las colisiones entre peatón y vehículo.
- ✓ Incrementando la atención de los conductores a la presencia de los peatones.
- ✓ Reduciendo el número de carriles de tránsito vehicular, al menos por segmentos cortos de calles.
- ✓ Incrementando el espacio de la acera.
- ✓ Protegiendo las aceras de los vehículos en movimiento a través de vehículos estacionados, árboles, bordes de acera, carriles para bicicletas y ancho de acera añadido.



Figura 15. Relación entre velocidad y fatalidad del atropello

Fuente: Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tránsito calmado (2010)

El impacto en la seguridad para los peatones se incrementa ya que hay espacios más adecuados para los cruces de peatones, complementado por la mejora en el cede de paso por parte de los conductores. El resultado es un aumento en la capacidad de los peatones para cruzar un flujo de tránsito de cualquier volumen vehicular. La mejora de la seguridad se incrementa aún más por la reducción en la probabilidad y en la gravedad de las lesiones resultantes de esas colisiones que se producen.

Las medidas para moderar el tránsito pueden mejorar la comodidad de los ciclistas:

- ✓ Reduciendo la velocidad de los vehículos, la distancia de frenado, y la probabilidad de conflictos entre ciclistas y vehículos.

- ✓ Proporcionando una oportunidad para considerar la instalación de carriles para bicicletas.
- ✓ Incrementando la atención de los conductores a la presencia de los ciclistas.
- ✓ Reduciendo la severidad de las colisiones entre ciclistas y vehículos.
- ✓ Reduciendo el tamaño de las intersecciones y la probabilidad de conflictos entre ciclistas y vehículos.

Las medidas para moderar el tránsito pueden mejorar la comodidad de los conductores:

- ✓ Reduciendo la velocidad del vehículo, de tal manera que se reduzca la probabilidad y gravedad de los accidentes.
- ✓ Reduciendo la frecuencia de adelantamientos en las calles urbanas y vecinales.
- ✓ Proporcionando características de diseño (por ejemplo, rotondas) que auto impongan menores velocidades vehiculares.
- ✓ Proporcionando a los conductores de vehículos múltiples recordatorios de una velocidad de operación segura y apropiada.

Aunque existen numerosos beneficios posibles de moderar el tránsito, existen varias desventajas potenciales que deben ser considerados al desarrollar un diseño. Muchas de estas desventajas potenciales pueden ser mitigadas como se describe a continuación.

- ✓ Las medidas para moderar el tránsito no mejoran la seguridad para los automovilistas que no hacen caso a las indicaciones de velocidad de diseño reducida y operan un vehículo a velocidades superiores a la velocidad de diseño de una carretera. La señalización anticipada puede ayudar a informar a los conductores de los cambios de velocidad de operación al acercarse a áreas en las que es necesaria.
- ✓ Las medidas para moderar el tránsito pueden ralentizar la respuesta de emergencia. Es importante coordinar los planes de moderación del tránsito con los departamentos locales de respuesta a emergencias para que estos impactos se minimicen.
- ✓ Las medidas para moderar el tránsito, inadecuadamente diseñadas o ubicadas, pueden impedir el tránsito vehicular. Es importante coordinar los planes de moderación del tránsito con las agencias de transporte locales para evitar estos impactos.
- ✓ Las medidas para moderar el tránsito, inadecuadamente diseñadas o ubicadas, pueden impedir el tránsito de camiones grandes. Es importante entender las rutas de los camiones regionales y locales en el desarrollo de programas de moderación del tránsito para evitar estos impactos.

- ✓ Algunas medidas para moderar el tránsito (en particular aquellas que implican desviación horizontal y vertical) pueden resultar en un aumento del ruido para las propiedades adyacentes. Los diseños de moderación del tránsito tienen que ser sensibles a estos impactos potenciales.

4.6.2. Aplicabilidad a escenarios y carreteras

Las medidas para moderar el tránsito suelen ser aplicadas en respuesta a las preocupaciones de la comunidad sobre las altas velocidades de operación y volúmenes de los vehículos. Como resultado, estas medidas se aplican con más frecuencia en zonas residenciales y zonas con altos flujos peatonales y de ciclistas, que están permanentemente expuestas al conflicto con el flujo de vehículos motorizados.

La moderación del tránsito es más frecuentemente aplicada a las calles existentes, donde las velocidades de operación de los vehículos están en conflicto con la actividad peatonal y otros aspectos de la configuración. Algunas medidas (como las islas de cruce y las extensiones de las aceras) utilizadas como medidas de modernización de calles existentes también pueden ser utilizadas como elementos de diseño habituales en las calles nuevas o reconstruidas.

Las medidas para moderar el tránsito no son apropiados para las autopistas y autovías, los escenarios asociados a la moderación del tránsito no son presentados a lo largo de estas. Ver **Figura 16**.

Tipos de Medidas	Arterias	Colectoras Principales	Colectoras Secundarias	Vías locales
Estrechamiento de calles				
Carriles estrechos	-	2	1	1
Bordes elevados	1	1	1	1
Mobiliario urbano	1	1	1	1
Árboles de calles	1	1	1	1
Luces de calle	1	1	1	1
Puntos de estrechamiento	2	1	1	1
Medianas e islas de cruce	1	1	1	1
Extensiones de bordes	1	1	1	1
Desviación horizontal				
Chicanas	-	-	1	1
Islas de cruce/Medianas cortas	1	1	1	1
Círculos de tránsito a mitad de cuadra	-	-	2	1
Círculos de tránsito y mini rotondas	1	1	1	1
Desplazamiento del carril	-	2	2	1
Alteraciones del perfil				
Rompemuelles	-	2	2	1
Cruce de peatones elevado	-	2	1	1
Intersecciones elevadas	-	2	1	1
Textura del pavimento	1	1	1	1
1: A menudo usado para nuevos diseños o programas de reconversión en entornos de tránsito moderado				
2: Puede ser usado				

Figura 16. Medidas de moderación del tránsito según el tipo de carretera
Fuente: Adaptado de “Traffic Calming and Traffic Management” (2006)

4.6.3. Algunas reglas básicas

Independientemente de la ubicación se pueden identificar algunas reglas. En primer lugar, las medidas no deben distraer al conductor demasiado, ya que esto puede causar que otra información relevante del entorno de tránsito se pase por alto. En segundo lugar, y en relación con esto, el conductor debe reconocer las medidas y comprender su significado inmediato, por lo tanto requieren de una apropiada señalización. Cuando las medidas son fáciles de entender, el conductor las aceptará mejor. En tercer lugar, cuando los conductores no ven la razón de una medida ellos pueden sentirse frustrados y reaccionar de manera negativa sobre las medidas. Para mejorar la aceptación del conductor de las medidas de moderación del tránsito estas deberían ser colocadas en lugares "naturales" como en los cruces de peatones. Y por último pero no menos importante, las medidas para moderar el tránsito deben ser visibles en todo momento. Esto puede ser realizado mediante una iluminación adecuada o mediante el uso de diferentes patrones de color y tiras reflejantes. Las superficies brillantes cuando están mojadas deben evitarse para prevenir el reflejo cegador de la luz solar.

4.6.4. Separación y Frecuencia de Medidas

Las medidas para moderar el tránsito que alteran la sección transversal de la calle (por ejemplo, el aparcamiento en la calle para una manzana o más, la siembra continua de árboles en las calles) son apropiadas para amplias longitudes. Los conductores son más propensos a considerar tales características como propias de la calle y no como medidas destinadas a modificar su conducción.

Por otro lado, las medidas puntuales para moderar el tránsito, aplicadas sólo a un pequeño segmento de la calle (por ejemplo, estrechamiento carretera o reductores de velocidad) se deben espaciar de manera que se mantenga la velocidad de operación deseada a lo largo del segmento de carretera en cuestión. Si las medidas se colocan con mayor frecuencia y exigen desaceleración y aceleración excesiva o maniobrar, pueden llegar a ser molestas y menos eficaces en el control de velocidad. La separación de elementos particulares depende en gran medida del contexto en que se utilizan. Por ejemplo, con los reductores de velocidad, el conductor debe tener conocimiento de su separación de modo que mantenga una velocidad constante. A menudo, los reductores de velocidad deben ser visibles desde uno hasta el otro a lo largo de un segmento continuo de carretera para animar a una velocidad constante en lugar de una rápida aceleración y desaceleración. Ver **Figura 17**.

Velocidad de referencia (km/h)	Distancia (m)
30	75
20	30

Figura 17. Distancia Máxima entre reductores de velocidad en recintos de tránsito moderado
Fuente: Adaptado de "Templado de tránsito" (2000)

4.6.5. Medidas para reducir la anchura aparente

Teniendo en cuenta que la forma en que una calle está diseñada influye en el comportamiento del conductor, la reducción de la anchura aparente de la calle puede ser un elemento importante para moderar el tránsito. Estas medidas actúan directamente en la percepción del conductor señalándole que debe circular con una velocidad más moderada.

Los elementos que influyen en el ancho aparente de una calle se enumeran a continuación:

- ✓ La presencia o la colocación de árboles a lo largo de la calle.
- ✓ Mobiliario urbano incluyendo luces, bancos y otros elementos.
- ✓ Tratamiento de borde del pavimento.
- ✓ Sección transversal del pavimento incluyendo aparcamiento en la calle, los puntos de estrechamiento, carriles para bicicleta, carriles de circulación, carriles auxiliares, medianas e islas.

4.6.5.1. Colocación de vegetación

La vegetación se utiliza como elemento complementario a otras medidas de moderación de tránsito, con el objetivo principal de destacarlas visualmente.

La disposición de árboles de cierto porte a ambos lados del punto de acceso es útil para marcar la puerta de entrada a un recinto de velocidad reducida.

Las hileras de arbolado provocan un efecto visual de estrechamiento, tanto en medianas como en bulevares.

Grupos de árboles o arbustos se utilizarán para señalar la presencia de pasos de peatones, estrechamientos de calzada, etc.

En la localización de árboles y arbustos para enfatizar las medidas de moderación de tránsito, debe prestarse especial atención a los problemas de visibilidad que puedan introducir tanto para vehículos como para peatones. En aquellos casos, en que su utilización es meramente para acompañar a otras medidas incorporadas a la calzada (cambios de alineación y anchura, etc.), su altura debería limitarse a la necesaria para hacerse visibles a los conductores, es decir, en torno a los 50 cm (Massachusetts highway department, 2006).

Utilizar árboles o arbustos para marcar el límite en la calzada de las bandas de estacionamiento puede ayudar a provocar el efecto visual de estrechamiento, al mismo tiempo que reduce el efecto pantalla de la disposición en línea de los automóviles.

En la localización de árboles próximos a la calzada o accesibles por automóviles, debe prestarse especial atención al agravamiento de los accidentes de circulación que pueden provocar.

4.6.5.2. Mobiliario Urbano

El mobiliario urbano incluye signos, señales, farolas, paredes, cercas y muebles peatonales tales como bancos y recipientes de basura, los cuales dan la señal de un espacio compartido entre peatones, ciclistas y automóviles. En los entornos de tránsito moderado, es deseable que el mobiliario urbano de la calle borde y proporcione una separación entre la vía peatonal y el tránsito, a manera de protección.

4.6.5.3. Bordes elevados

Los bordes son importantes en entornos de moderación del tránsito, ya que señalan una velocidad de diseño inferior a los conductores. Los bordillos normalmente no se relacionan con zonas rurales y entornos de alta velocidad. Además, una acera elevada permite la colocación de árboles y mobiliario urbano suficientemente cerca a los carriles de circulación para tener el efecto de moderar el tránsito.

Los segmentos cortos de calles sin borde dentro de segmentos más largos de calles con bordes también puede ser una medida para moderar el tránsito. En tales casos, el borde de la calzada está delineado por marcas en el pavimento, por el cambio en la textura del pavimento, o por la pavimentación de bandas de un color y textura de contraste.

El borde de la calzada puede ser delineado aún más por bolardos, jardineras u otro mobiliario urbano. Las secciones sin borde también pueden servir como "calles compartidas" que están diseñadas para ser plenamente parte de la esfera pública y se integran en el contexto circundante. Ejemplos de tales calles compartidas son plazas en un centro de la ciudad, lugares de mercado con venta ambulante, calles utilizadas regularmente por los festivales y lugares (por ejemplo, frente a las iglesias o ayuntamientos) de interés cívico inusual.

4.6.5.4. Aparcamientos de acera

La sensación de encierro resultante de los coches aparcados, la apariencia articulada de estos, las maniobras de los vehículos de entrada y salida, y el tránsito peatonal generado por los ocupantes de los vehículos que salen del aparcamiento, todo ello contribuye a moderar el tránsito en las calles con aparcamientos. Los aparcamientos de acera de todo tipo deben ser considerados en el contexto del uso de la bicicleta en la calle, ya que las maniobras de aparcamiento y aberturas de las puertas son obstáculos para los ciclistas.

4.6.5.5. Estrechamiento a mitad de calle

Estrechar una calle a mitad de cuadra puede capturar mucho del beneficio de un estrechamiento más extenso. Este estrechamiento sirve para reducir la velocidad de los vehículos no sólo en el estrechamiento mismo, sino también para los segmentos adyacentes de la calle, donde los conductores desaceleran y vuelven a la velocidad normal de funcionamiento. Ver **Figura 18**.

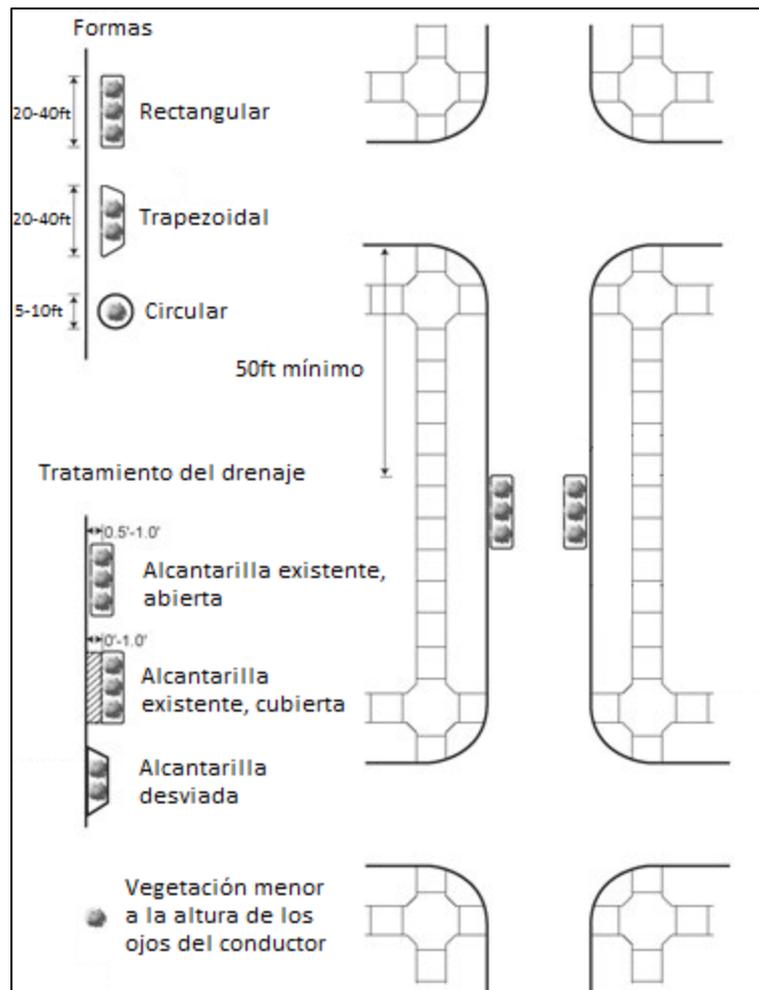


Figura 18. Estrechamiento a mitad de calle
Fuente: Traffic Calming and Traffic Management (2006)

4.6.5.6. Medianas transitables y elevadas

Las medianas transitables, normalmente construidas con materiales texturados o contrastantes como el concreto texturado, ladrillos o adoquines pueden ser dispositivos eficaces para moderar el tránsito en particular cuando se incluyen segmentos periódicos de medianas elevadas. Estas medianas están al nivel de los carriles de circulación, pero son notablemente diferentes, tanto en apariencia como en la sensación al conductor. Las medianas transitables estrechan el ancho real y aparente de la calle, permitiendo al mismo tiempo el acceso ilimitado a través de ellos. Pueden servir como carriles de giro a la izquierda, y permitir pasar los coches en doble fila. Además, las medianas transitables ofrecen oportunidades para que los vehículos de emergencia eviten el tránsito detenido. En las intersecciones, los extremos de las medianas transitables pueden extenderse todo el camino a través del paso de peatones, proporcionando de este modo algún refugio peatonal.

Las islas de cruce de peatones son islas divisorias cortas ubicadas en los cruces peatonales. Pueden estar situadas en intersección o a mitad de cuadra. Estas islas permiten a peatones y ciclistas cruzar solo en un flujo de tránsito a la

vez y proporcionan cierto grado de protección contra el tránsito de vehículos mientras esperan por una brecha para terminar su travesía.

Estas islas deberían incluir bordes elevados con un corte a través a nivel del pavimento para los usuarios en sillas de ruedas. El corte a través de estas debe tener disposiciones especiales para ayudar a los discapacitados visuales en la identificación de la isla refugio.

Todas las islas elevadas deben también proporcionar adecuadamente a los conductores suficiente advertencia de su presencia. Esto se puede lograr de varias maneras, tales como iluminación, reflectorización, marcado, señalización, y / o por el tamaño de la isla.

En la **Figura 19.** se puede apreciar los dos tipos de medianas mencionados en el texto; las transitables, con una textura diferente al del pavimento, y las elevadas.

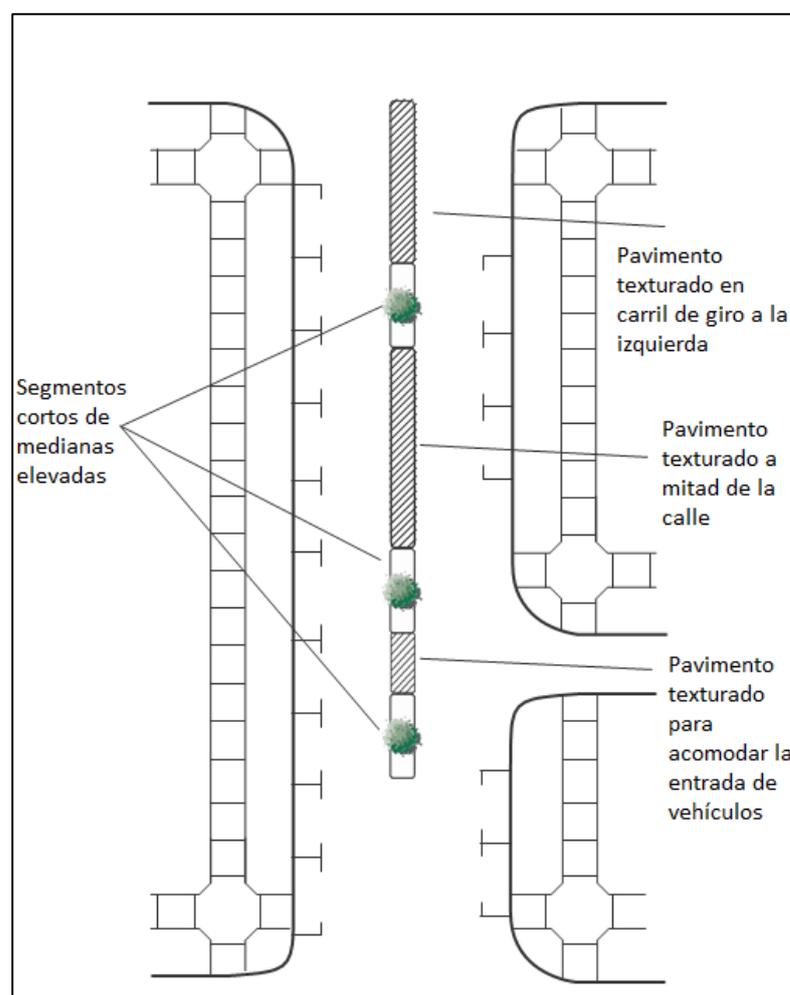


Figura 19. Medianas transitables y elevadas
Fuente: Traffic Calming and Traffic Management (2006)

4.6.5.7. Distribución del ancho de la acera y reducción de carriles

El ancho del pavimento de la calle se puede asignar de una manera que de más espacio a los peatones, bicicletas y al aparcamiento, reduciendo el

ancho del camino recorrido por los vehículos. En algunos casos, la eliminación de un carril de circulación en una carretera de cuatro carriles y la conversión de otro carril a una mediana con carril de giro pueden mejorar las condiciones para peatones y usuarios de bicicletas sin afectar negativamente a la capacidad de la carretera, ya que los giros a la izquierda se han acomodado dentro de la mediana. La distribución del ancho del pavimento también podría proporcionar aceras más amplias si las condiciones indican que el espacio adicional podría acomodar mejor la actividad peatonal existente o prevista.

4.6.5.8. Los carriles de bicicletas

Agregar un carril para bicicletas en la calle reduce el ancho del pavimento para vehículos de motor, mientras que al mismo tiempo proporciona un recorrido para los ciclistas. Ver **Figura 20**.

4.6.5.9. Ancho del Carril de circulación

Los anchos mínimos de carril pueden reducir la velocidad del vehículo, reducir las distancias de paso de peatones, y maximizar el espacio disponible para los carriles de bicicletas y aceras.

Donde se pretende moderar el tránsito, los anchos de los carriles de conducción deben ser de 3m, un ancho ampliamente aceptado como apropiado para calles colectoras residenciales y menores. Un ancho de carril más grande (3.4-3.7m) es apropiado para carriles exteriores en calles donde no hay aparcamiento y en arterias u otros caminos que llevan un gran número de camiones y autobuses.



Figura 20. Carriles de bicicleta protegidos por bolardos
Fuente: Silicon Valley Bicycle Coalition

Las medidas para moderar el tránsito que reducen el ancho del carril de circulación pueden reducir o eliminar las oportunidades de los conductores de vehículos de adelantar a los ciclistas que comparten el mismo carril. Cuando la acción de adelantar es imposible, la velocidad del vehículo es propensa a ser determinada por la velocidad del ciclista. Por lo tanto, la presencia de ciclistas se convierte en un elemento importante para moderar el tránsito. Ver **Figura 21**.

4.6.6. Medidas para moderar el tránsito incorporando desviación

Desviar un vehículo desde una trayectoria recta es una acción para moderar el tránsito que reduce la velocidad del vehículo. Los cambios deben ser claramente visibles con la adecuada antelación. Se pueden combinar eficazmente con estrechamientos de la calzada, potenciando su efecto reductor de la velocidad.



Figura 21. Ciclistas y conductores compartiendo un mismo carril
Fuente: Gasteizhoy.com (2015)

4.6.6.1. Medidas de desviación a mitad de calle

Existen varios enfoques posibles para la introducción de desviaciones a mitad de calle en la trayectoria de un vehículo, tal como se describe a continuación:

A. Chicanas y desplazamientos de carril

La medida más simple para desviar el tránsito es mediante el desplazamiento de un lado de la calle en una cantidad que exige al tránsito de paso desviarse de su trayectoria previamente recta. Una serie de tales desviaciones, normalmente llamados Chicanas, multiplican su eficacia mientras se extienden a lo largo de toda la longitud de la calle. Ver **Figura 22**.

B. Círculos de tránsito a mitad de calle

Los círculos de tránsito a mitad de calle son una medida para moderar el tránsito que asegura una gran desviación en la trayectoria del vehículo, y por lo tanto una reducción significativa en la velocidad del vehículo. A diferencia de la rotonda, el círculo a mitad de calle no tiene ninguna función de control de tránsito, ya que no hay tránsito de la calle transversal a controlar. Ver **Figura 23**.

4.6.6.2. Medidas de intersección

El principio de desviar el tránsito a fin de reducir su velocidad se puede aplicar a las intersecciones, así como a lugares sin intersecciones. Las rotondas proporcionan una isla central, que exige la desviación de todos los movimientos. La desviación a través de las intersecciones también se puede proporcionar mediante el desplazamiento de los carriles del tránsito de paso o mediante el uso de islas de cruce.

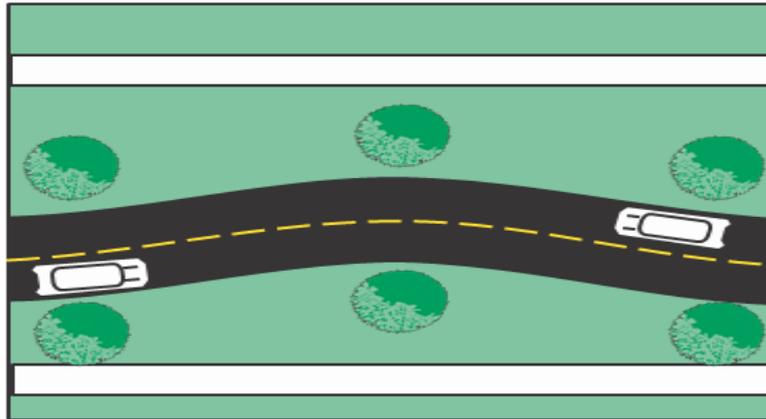


Figura 22. Chicana
Fuente: Traffic Calming measures (2001)



Figura 23. Círculos de tránsito a mitad de calle
Fuente: Cityofmadison.com (2015)

A. Desplazamiento del carril en las intersecciones

Los carriles de tránsito pueden ser desplazados en una intersección, reduciendo la velocidad a través de la intersección. En calles con aparcamiento a un lado, el desplazamiento resulta de alternar el lado de la calle que contiene el aparcamiento. En las intersecciones en "T" provistas con giro a la izquierda, el carril de la izquierda a su vez requiere un desplazamiento para el tránsito de paso en al menos un sentido del recorrido. En calles con aparcamientos en diagonal en un lado y en paralelo en el otro, el desplazamiento en la intersección resulta de alternar los lados en que cada tipo de aparcamiento es proporcionado. Ver **Figura 24.**

B. Islas de cruce

Las islas de cruce, tal como se describió antes, también pueden ser utilizadas en lugares de intersección.

C. Extensiones de bordes

La reducción de la calle en una intersección, a través del uso de extensiones de borde, es una medida versátil para moderar el tránsito y ampliamente utilizada. Ver **Figura 25.**

Además de frenar el tránsito debido a los anchos reducidos de los pavimentos, las extensiones de bordes delinean los estacionamientos en la calle, protegen los extremos del carril de estacionamiento del tránsito en movimiento, y desalientan a los conductores de usar los carriles de aparcamientos vacíos para adelantar a otros vehículos. También impiden el estacionamiento ilegal en las esquinas, de este modo mejoran las líneas de visibilidad para todos los usuarios.

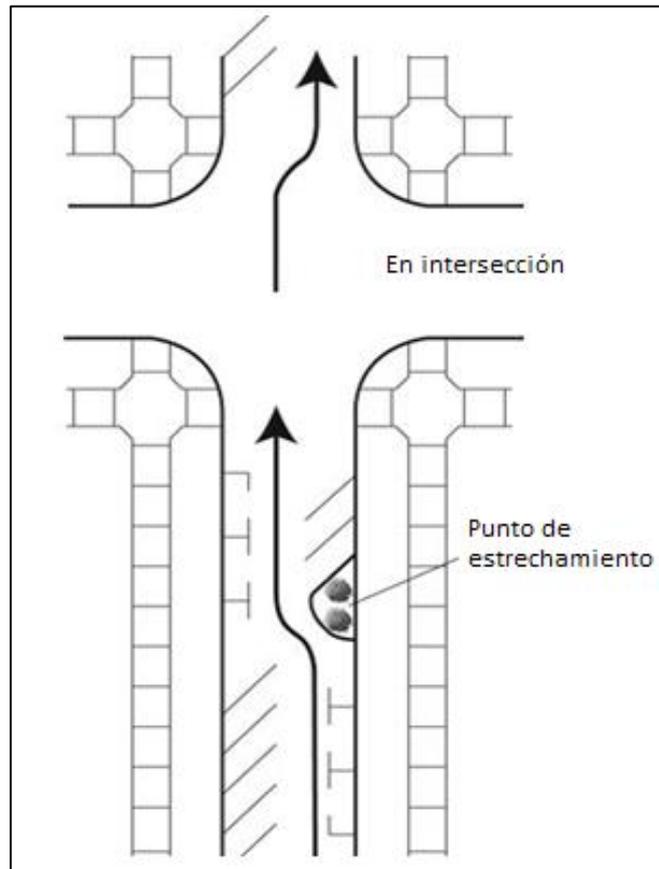


Figura 24. Desplazamiento en la intersección mediante la alternancia de aparcamientos en diagonal y paralelo a lo largo de la calle

Fuente: Traffic Calming and Traffic Management (2006)

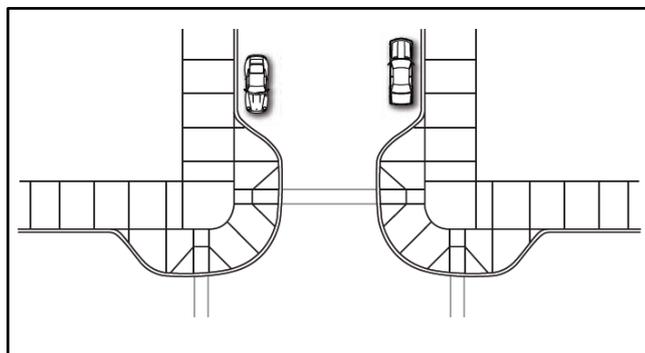


Figura 25. Extensiones de borde

Fuente: Trafficwiki.com (2015)

Las extensiones de borde reducen sustancialmente la distancia de cruce de peatones mientras incrementan el espacio de los peatones en las esquinas de las intersecciones. Las extensiones de borde también pueden beneficiar al tránsito vehicular, moviendo la barra de parada en los carriles de aproximación aún más en la intersección, de este modo se reduce el tamaño de la intersección y la señal de intervalo de despeje. El tamaño reducido de la intersección puede, en algunos casos, resolver las deficiencias de visibilidad-distancia en las proximidades de las intersecciones. Las extensiones de borde pueden prevenir el aparcamiento cerca de las intersecciones, y así mejorar la distancia de visibilidad de las calles transversales. Además, Las extensiones de borde con frecuencia reducen el pavimento "perdido" en las intersecciones (es decir, las áreas de pavimento inutilizables por cualquiera de los vehículos o peatones cerca de las esquinas).

Las extensiones de borde pueden ser utilizadas en una o ambas de las calles que se cruzan, o en cualquier combinación de aproximaciones. Las extensiones de borde sólo deben utilizarse en combinación con estacionamiento en la calle para que no representen un peligro inesperado para los ciclistas y vehículos de motor.

Con las extensiones de borde, el aumento en el área de la superficie de la acera ofrece un espacio para el mobiliario urbano, como hidrantes para incendio, quioscos de información, bancos y plantaciones

Por lo general, las extensiones de bordes son rentables, ya que un solo tratamiento de la intersección afecta el tránsito en todas las direcciones de ambas calles que se cruzan. Debido a su alta visibilidad, las extensiones de bordes pueden ser una característica de entrada importante para un barrio o un distrito de especial interés.

D. Rotondas y mini-círculos de tránsito

Dos rasgos característicos de la rotonda, las islas divisorias en las proximidades y el círculo central, proveen una significativa reducción en la velocidad de los vehículos e incrementos correspondientes en la atención del conductor. La desviación provista por las islas divisorias anima una reducción en la velocidad mientras que los conductores se aproximan a la intersección. Dentro de la rotonda, el radio de la isla central refuerza la velocidad de operación baja. La rotonda tiene como función principal eliminar los conflictos por giros hacia la izquierda que se producen en las intersecciones.

Debido a su isla central circular, los mini-círculos de tránsito son a menudo confundidos con las rotondas. Sin embargo, los mini-círculos de tránsito difieren de una rotonda en importantes maneras, pues estos son típicamente más pequeños que las rotondas y no juntan el tránsito en una corriente alrededor de una vía de circulación. A diferencia de las rotondas, los mini-círculos de tránsito no son un dispositivo de control de tránsito. Más bien, en los mini-círculos de tránsito, el derecho de paso es asignado por el control de parada. Los mini-círculos de tránsito usualmente no tienen islas divisorias en sus proximidades, aunque estas son a veces provistas para absorber el exceso de ancho de pavimento en las proximidades o para proveer refugio para los peatones. Para los automóviles, las operaciones en los mini-círculos de tránsito son similares a aquellas en la rotonda, con vehículos avanzando alrededor en sentido

antihorario. Los camiones grandes hacen los giros y movimientos de paso entrando al círculo y avanzando en sentido antihorario. Sin embargo, ellos hacen los giros hacia la izquierda girando en frente del mini-círculo de tránsito, después de ceder el paso. Ver **Figura 26**.

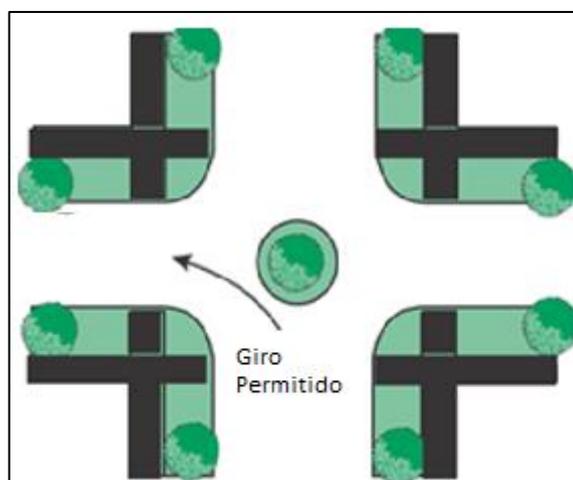


Figura 26. Giro a la izquierda en un Mini-círculo de tránsito
Fuente: Traffic Calming measures (2001)

Este patrón de movimiento puede ser peligroso donde los camiones y buses están presentes regularmente. Los mini-círculos de tránsito pueden también plantear retos para los vehículos de emergencia. Como resultado, los mini-círculos de tránsito no son recomendados para la mayoría de lugares. Las rotondas y las mini-rotondas (diseñadas usando los mismo principios, pero con una isla central más pequeña) deberían ser consideradas en lugar de los mini-círculos de tránsito.

Estudios internacionales han demostrado que el convertir en rotonda (o mini rotonda) una intersección de prioridad de dos vías de doble sentido reduce los accidentes y las demoras. Los accidentes con muertos disminuyen en 45% y los con lesionados en 35%. El total de demoras en horas punta es menor, aunque hay un cierto incremento en horas fuera de punta, pues los vehículos pasan más lento que en una intersección de prioridad. La mini-rotondas no requieren mantenimiento técnico (a diferencia de los semáforos) y de acuerdo a la información disponible, la inversión (cuando ésta es mayor) se recupera en el primer año de funcionamiento (Comisión nacional de seguridad de tránsito-CONASET, 2010).

4.6.6.3. Medidas para alterar el perfil de la calle o la textura

Las medidas para moderar el tránsito que implican el perfil y la superficie de la calle incluyen alteraciones en el perfil de las calles (rompemuelles y segmentos elevados de calles) y la colocación de una superficie de pavimento con textura en algunas partes de la calle.

A. Rompemuelles

Los rompemuelles están diseñados para permitir a los vehículos que operan a la velocidad prevista pasar con pocas molestias para el conductor, sin rebote de

cargas en camiones y con poco esfuerzo apreciable de los vehículos. Debido a que las molestias al conductor en los rompemuelleres aumentan rápidamente cuando su velocidad de diseño es excedida, estos son una medida efectiva para controlar la velocidad.

Los rompemuelleres pueden generar ruido debido al frenado y a la aceleración de los vehículos. El sonido por los impactos en los residentes cercanos puede ser mitigado a través de la localización cuidadosa de los rompemuelleres, o espaciándolos más cerca para animar a una velocidad constante.

Los rompemuelleres deben venir acompañados de señalización vertical y demarcación y, cuando sea posible, se acompañarán de otras medidas que induzcan al conductor a reducir gradualmente su velocidad hasta alcanzar un nivel satisfactorio.

a) Rompemuelleres de cima redonda

Los rompemuelleres de cima redonda poseen un perfil común, la corona parabólica, la cual permite cruzar cómodamente a la velocidad de diseño, pero hace los cruces cada vez más incómodos mientras la velocidad de diseño sea superada.

Los rompemuelleres de cima redonda pueden ser construidos con una amplia variedad de materiales: asfalto, asfalto con textura o de color, concreto estampado o vertido. Ver **Figura 27**.

b) Amortiguadores de velocidad (Cojines)

Los amortiguadores de velocidad son una variedad de rompemuelleres de cima plana, que no se extienden completamente a través de la calle, sino que sólo afecta a un lado del vehículo. Los amortiguadores de velocidad proporcionan gran parte del impacto en la moderación del tránsito que proporcionan los rompemuelleres de cima plana, y también permiten que los carriles para bicicletas y el drenaje pluvial sigan el curso original de la calle. Ver **Figura 28**.



Figura 27. Rompemuelleres de cima redonda
Fuente: Civilgeeks.com (2015)



Figura 28. Amortiguadores de velocidad
Fuente: Abaat.org (2015)

c) Los cruces peatonales elevados (tabloides)

Los tabloides se utilizan con frecuencia para complementar los cruces de peatones, en particular donde extensiones de bordes se encuentran presentes. Cuando se construyen de un material de pavimento diferente al de la calle adyacente, son visibles para los conductores y peatones, mejorando así la seguridad de los cruces para peatones. Los tabloides en los cruces de peatones sirven también para proteger al cruce de peatones de la intrusión del estacionamiento de la calle. Ver **Figura 29**.

d) Intersecciones elevadas

El concepto de tabloides puede ser extendido a toda una intersección, elevando toda la intersección a la altura de la acera o a una altura cercana. La intersección elevada provee beneficios a todos los cruces de peatones. Las intersecciones elevadas emplean muchos de los elementos de diseño de los cruces peatonales elevados; sin embargo, el diseñador necesita prestar una especial consideración a los temas de drenaje y a la demarcación de las esquinas de las intersecciones a través de cambios en el pavimento, marcas o bolardos. Ver **Figura 30**.

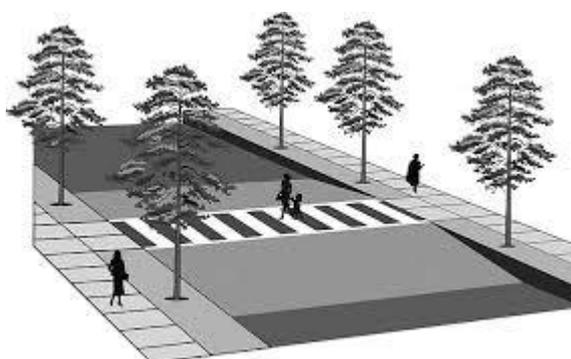


Figura 29. Cruces peatonales elevados
Fuente: Ite.org (2015)



Figura 30. Intersecciones elevadas
Fuente: Espacio360.pe (2015)

B. Textura del pavimento

La textura del pavimento alienta a los automovilistas a ser consciente de un área de especial preocupación debido a la aparición de la textura, vibración, más movimiento notable del vehículo y del ruido de los neumáticos. La textura del pavimento sola, en lugares aislados, no es una medida eficaz para moderar el tránsito. Más bien, la textura del pavimento es más apropiada para apoyar a otras medidas para moderar el tránsito tales como el estrechamiento a mitad de cuadra, las extensiones de bordes en intersecciones, o las rotondas.

Los materiales de pavimento flexible (es decir, asfalto) pueden ser de color o estampados con patrones, y son a menudo el material de elección para los rompemuelles y para los cruces de peatones. El pavimento rígido (es decir, de concreto y concreto estampado) se utiliza regularmente para reductores de velocidad de sección trapezoidal, y por los pasos de peatones. Los materiales rígidos, tales como adoquines de hormigón, se utilizan con frecuencia en diseños completos de intersecciones, cruces elevados, pasos de peatones, y en conexión con las medidas para moderar el tránsito a mitad de cuadra, como estrechamiento e islas divisoras.

C. Bandas sonoras

El uso de bandas sonoras como medida para moderar el tránsito es inadecuado, ya que éstas se utilizan normalmente como un dispositivo de advertencia en lugares de alto riesgo, tales como intersecciones aisladas, de gran volumen o rurales. Además, las bandas sonoras son peligrosas para los ciclistas, y el ruido generado por ellos es propenso a ser problemático en los barrios. Otra razón para evitar las bandas sonoras como una medida para moderar el tránsito es que no obligan a reducir la velocidad como lo hacen otras medidas de control de tránsito, y los conductores con el tiempo aprenden a ignorarlas.

4.7. Medidas de Gestión de Tránsito

Las medidas para moderar el tránsito pretenden reducir las velocidades de operación y aumentar la atención del conductor. Por otra parte, las medidas de gestión del tránsito están destinadas a reducir y reorientar los movimientos de

tránsito, pero es poco probable que tenga una influencia significativa en las velocidades de operación.

Las medidas de gestión del tránsito se dividen en dos categorías:

- ✓ Movimientos físicamente restringidos por las características de diseño de la calle.
- ✓ Restricciones regulatorias, transmitidas principalmente a través de signos.

4.7.1. Restricción de los movimientos de vehículos a través del diseño de la calle

Varias medidas de diseño están disponibles para restringir movimientos específicos en una intersección. Por ejemplo, un segmento de mediana que se extiende a través de una intersección limita los movimientos de giro, desde todas las aproximaciones, solamente a un giro a la derecha. Además, una mediana elimina la posibilidad de viajes a través del cruce de calles. Este tipo de restricción de acceso a cruces de calles a través de medianas podría ser apropiada cuando la distancia de visibilidad no es adecuada para los movimientos seguros de giro en la intersección, o donde el tránsito de paso en el cruce de calles está siendo desalentado. Otras técnicas, como el uso de islas de canalización para movimientos particulares se pueden utilizar para restringir los movimientos de tránsito en las intersecciones.

En las calles locales el cierre de la calle en diagonal evita los movimientos de paso en ambas calles de la intersección, pero permite ya sea un giro a la derecha o un giro a la izquierda desde todas las aproximaciones. El cierre diagonal de los movimientos de paso puede ser apropiado para desalentar los viajes de atajo en los distritos de barrio con una red densa y bien comunicada de calles. El cierre diagonal de calles debería también mantener la conectividad para el recorrido en bicicleta. Ver **Figura 31**.

Una calle completamente bloqueada (completamente cerrada) no debería ser considerada como una medida de la gestión del tránsito. Los cierres de calles deberían considerarse sólo en casos en los que el cierre es de vital importancia para un fin público (por ejemplo, gran parque o institución pública) y sólo cuando una amplia, bien conectada red permanece.

4.7.2. Medidas reglamentarias para restringir los movimientos de vehículos

Las restricciones de giro, en ambos giros a la derecha y a la izquierda, han sido utilizadas en las intersecciones para mejorar el flujo del peatón o del tránsito, y tales medidas pueden ser utilizadas como medidas de gestión del tránsito. Las restricciones a los movimientos de giro ("no gire a la izquierda" o "no gire a la derecha"), se utilizan comúnmente para agilizar el flujo de tránsito. Las restricciones de movimiento de giro pueden ser vigiladas de manera más eficiente que el control de las violaciones de velocidad. Los inconvenientes de las medidas de gestión de tránsito que confían en la regulación son menos para las restricciones de giro que la mayoría de otros tipos de medidas reglamentarias.

La restricción de todo tipo de giro, a la derecha o a la izquierda desde cualquier aproximación, es a veces utilizada en las intersecciones del centro, donde grandes volúmenes de peatones están presentes en todos los cruces de

peatones. Cuando se utiliza como una medida de gestión del tránsito, una restricción de todo tipo de giro tiene el impacto adicional de redirigir el tránsito fuera de las áreas de interés especial, y canalizarla hacia rutas previstas.

Las restricciones de giro tienen valor en la gestión del tránsito cuando se utiliza para desalentar el uso de rutas inapropiadas. Las restricciones de giro que se aplican sólo durante la hora punta, previstas para evitar el tránsito de paso de la hora punta en los vecindarios, también pueden ser eficaces.

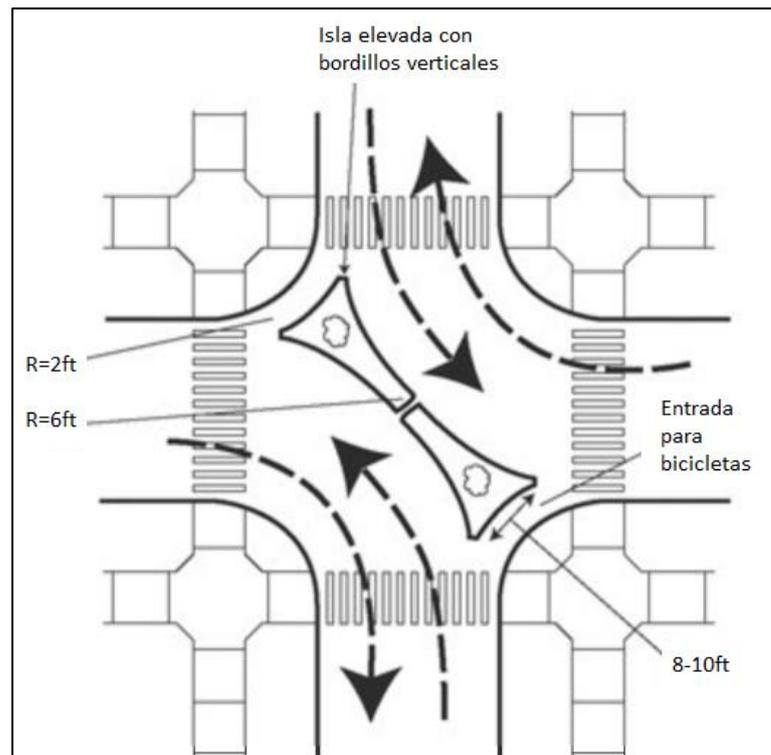


Figura 31. Islas de canalización

Fuente: Traffic Calming and Traffic Management (2006)

Capítulo 5

El factor humano y los accidentes de tránsito en la Región Piura

5.1. Un desarrollo accidentado

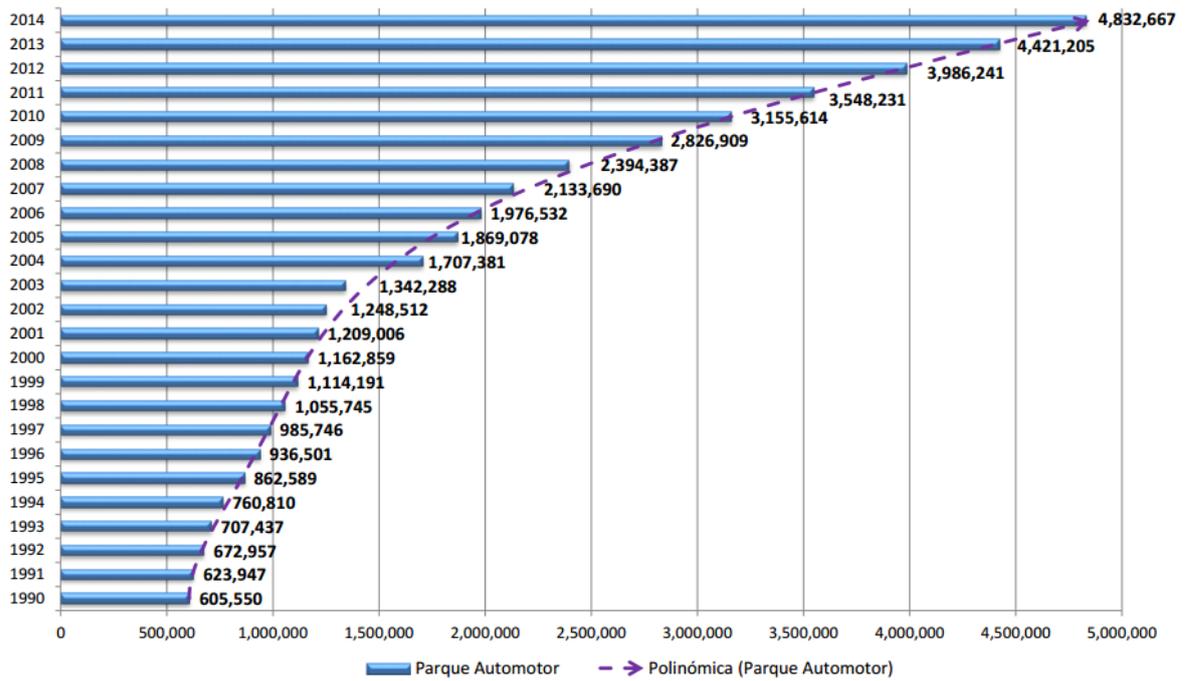
En nuestro país es común que diariamente, en los distintos medios de comunicación, aparezcan noticias sobre accidentes de tránsito que producen muertes, lesiones y discapacidades. Tal y como se puede apreciar en el **Gráfico 1.** y en el **Gráfico 2.** el crecimiento económico que ha experimentado nuestro país ha favorecido el aumento del parque automotor, el cual ha traído consigo un incremento considerable en el número de accidentes de tránsito registrados anualmente.

Nuestro parque automotor se caracteriza principalmente por la significativa presencia de vehículos menores (mototaxis y motocicletas) los cuales ofrecen el mínimo de seguridad para sus pasajeros lo que incrementa la posibilidad de muerte o lesiones de gravedad en el caso de un accidente de tránsito.

Este crecimiento acelerado en el parque automotor y las características que presenta ha traído desafortunadamente informalidad, desorden y caos a un sistema vial ya deficiente, lo que ha derivado en un entorno poco agradable e inseguro para los usuarios de las vías. A pesar de esta situación, los datos estadísticos anuales sobre las causas de los accidentes de tránsito apuntan a aquellas relacionadas con el factor humano como las principales responsables.

El exceso de velocidad, la imprudencia del conductor y del peatón, y conducir en estado de ebriedad; son consideradas como las causas más comunes de accidentes de tránsito. “Las causas de accidentes de tránsito relacionadas al factor humano en el año 1992 superaban levemente los 40 000 accidentes y en el año 2012 se acercaron a los 80 000” (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC], 2015). Ver **Gráfico 3.**

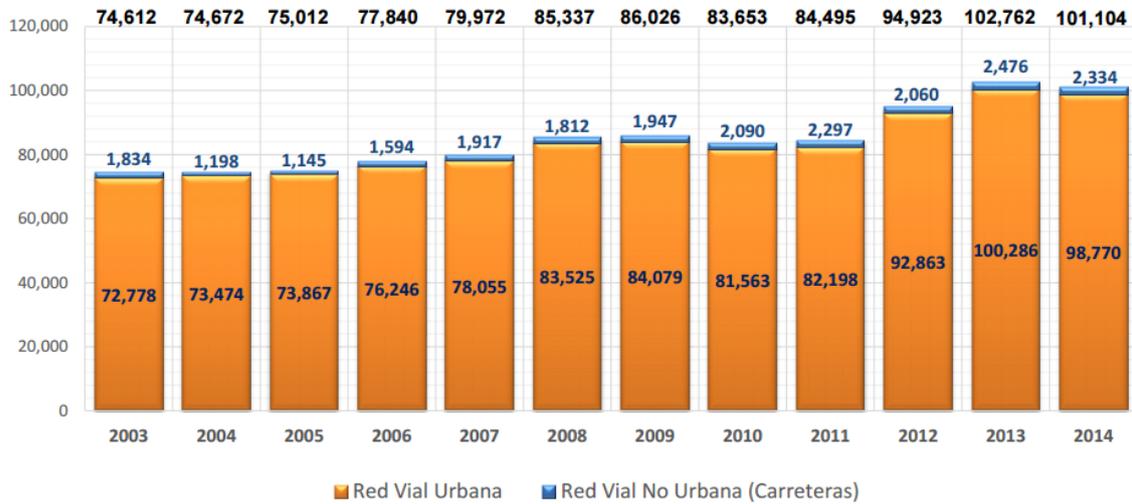
PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL 1990 - 2014



Nota: A partir del año 2004 los vehículos menores (mototaxis y motos) están considerados en el total de parque automotor nacional.
 Fuente: SUNARP
 Elaboración: MTC – Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial.

Gráfico 1. Parque automotor nacional 1990-2014
Fuente: Consejo nacional de seguridad vial (2014)

ACCIDENTES DE TRANSITO 2003-2014



Fuente: Policía Nacional del Perú – Dirección de Estadística
 Elaboración: MTC – Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial.

Gráfico 2. Accidentes de tránsito 2003-2014
Fuente: Consejo nacional de seguridad vial (2014)

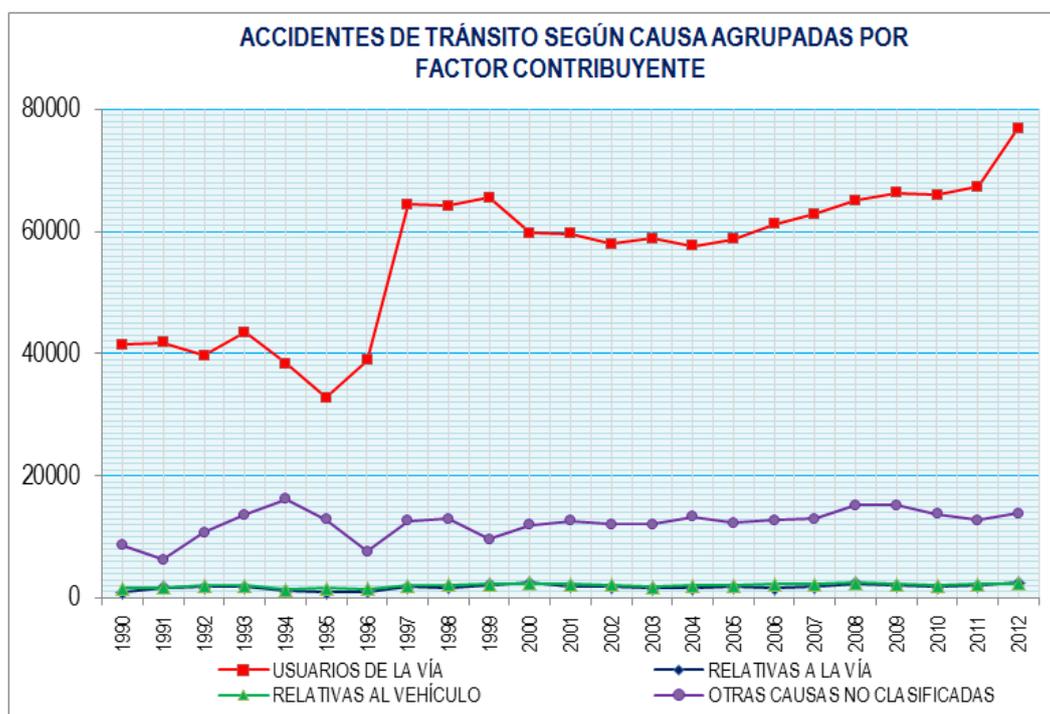


Gráfico 3. Accidentes de tránsito según causa agrupadas por factor contribuyente
Fuente: Plan de seguridad vial 2015-2024 (2015)

De los accidentes de tránsito atribuidos al factor humano, aquellos causados por los conductores superan largamente a los causados por los peatones. “Las causas que se imputan a los conductores en el año 1992 estaban en torno a los 40 000, y en los últimos años se ha acercado a los 70 000, teniendo un aumento del 75% en dos décadas” (MTC, 2015). Ver **Gráfico 4**.

Como consecuencia de pensar que son los usuarios de las vías los que deberían mejorar en lugar del sistema vial, medidas como el uso de campañas publicitarias han tomado relevancia. A partir del año 2008 hasta el 2013, el Consejo Nacional de Seguridad Vial (CNSV), diseñó una serie de campañas publicitarias de difusión masiva dirigidas a los peatones, conductores y pasajeros. Estas campañas publicitarias, como parte de las estrategias del Plan Nacional de seguridad vial 2007-2011, tuvieron como finalidad crear conciencia sobre los riesgos presentes en las vías y en cómo podemos evitarlos a través de comportamientos responsables con la finalidad de reducir el número y severidad de los accidentes de tránsito. Sin embargo, estas medidas no tuvieron un efecto significativo o comprobado en la reducción de la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Según el MTC (2015), del total de accidentes de tránsito ocurridos en el Perú en 10 años (2004-2013) el 80% de los accidentes se concentraron en 5 departamentos; Junín, Cajamarca, La libertad, Arequipa y Lima incluyendo la Provincia de Callao; resaltando la gran concentración de accidentes que ocurren en Lima y Callao, llegando a cerca de 58 000 en el año 2013.

De esta información llama la atención que entre los departamentos que triplicaron su número de accidentes entre el 2004 y el 2013 se encuentre el departamento de Piura junto con San Martín, Junín, Cajamarca y Tumbes.

En nuestra región, según la Dirección regional de transportes y comunicaciones, actualmente un promedio de nueve accidentes se informan cada día desde las pistas y carreteras; de cuales la mayoría se dan en vías urbanas, siendo los choques y los atropellos las situaciones más comunes que se aprecian.

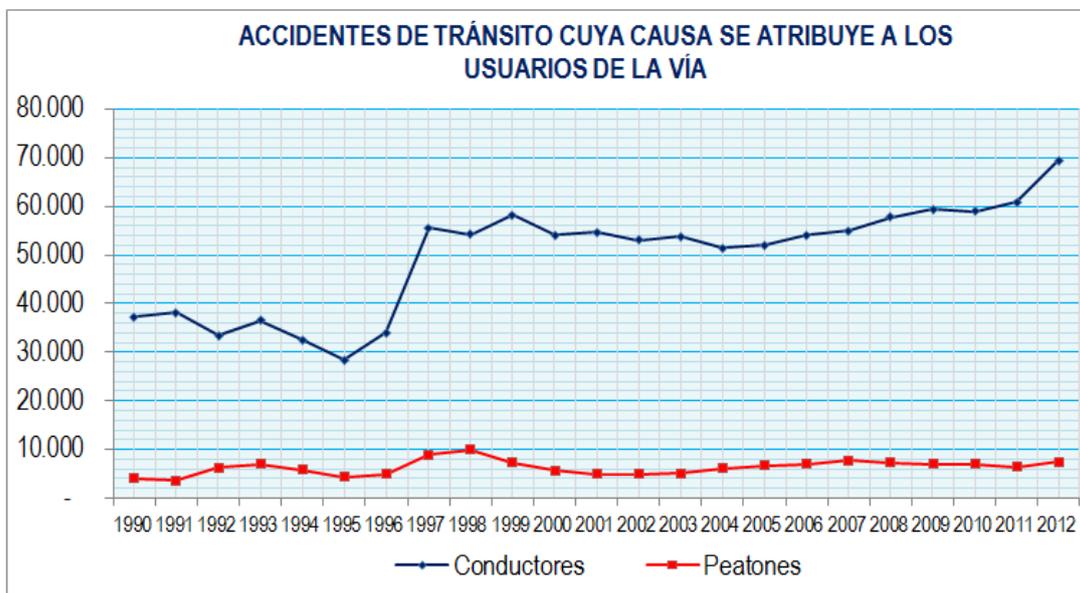


Gráfico 4. Accidentes de tránsito cuya causa se atribuye a los usuarios de la vía (Factor humano)
Fuente: Plan de seguridad vial 2015-2024 (2015)

El crecimiento del parque automotor en nuestra región no ha venido acompañado de un crecimiento y mejora en el sistema vial. La situación nacional puede verse reflejada en la región. Tenemos el mismo número de vías que hace diez años, las cuales no están preparadas para la cantidad desmesurada de vehículos en la actualidad. No es de sorprender entonces que se den tantos choques entre vehículos. A falta de un sistema de transporte público masivo eficiente, el uso de vehículos menores ha tomado relevancia y cada vez va en aumento.

Ante una situación que parece que va de mal en peor resulta importante descubrir qué medidas y estrategias pueden ser efectivas para controlar y reducir el número de accidentes de tránsito que cada año va en aumento. Para esto es necesario un análisis profundo y detallado de los factores desencadenantes de los accidentes.

5.1.1. La importancia del registro de accidentes de tránsito

Para poder proponer medidas efectivas que permitan solucionar la situación que estamos viviendo es necesario determinar las verdaderas causas de los accidentes de tránsito. Es por esta razón que se destaca la importancia de un apropiado y completo sistema de registro de datos de accidentes.

Lo cierto es que contamos con un sistema de registro muy limitado y deficiente, el cual impide en muchos casos conocer la verdadera magnitud del problema de inseguridad vial.

Feria Torres (2001), menciona en su tesis las deficiencias observadas en el sistema de registros de datos de accidentes de tránsito en la ciudad de Piura y propone el uso de un registro más detallado, como el recomendado por el

Transport Research Laboratory-Overseas Unit del Reino Unido. Además destaca la importancia de contar con un organismo que sea capaz de recopilar los datos de accidentes de forma completa y eficaz, de tal manera que se pueda contar con información detallada y confiable.

Desafortunadamente, en el Perú no existe una única fuente de información de accidentes de tránsito. Los datos que entrega la Policía Nacional del Perú, difieren de los que presenta el INEI⁶, y el MINSA⁷. También se puede encontrar citada la misma fuente, con información distinta.

Pongamos como ejemplo la siguiente situación presentada en el “Plan Nacional de seguridad vial 2015-2024”, elaborado por el consejo nacional de seguridad vial (CNSV):

Según los datos elaborados por: MTC–Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial, basados en la fuente: PNP–Estado Mayor General/DIRPEP– DIVEST–UP, el año 2012 fallecieron 3.273 personas en accidentes de tránsito. Datos obtenidos de la página web del Consejo Nacional de Seguridad Vial “*Muertos por Accidentes de Tránsito 2003-2013*”.

También encontramos que, según los datos elaborados por el INEI, basados en la fuente: Ministerio del Interior (MININTER) - Dirección de Gestión en Tecnología de la Información y Comunicaciones, el año 2012 fallecieron 4.037 personas en accidentes de tránsito. Datos obtenidos de la página web del INEI “*Víctimas de accidentes de tránsito fatales registrados por la Policía Nacional de Perú*”

Según el MINSA, y la fuente: SUNARP, PNP, el año 2012 fallecieron 3.310 personas en accidentes de tránsito. Datos obtenidos del “*Análisis epidemiológico de las lesiones causadas por accidentes de tránsito en el Perú, 2013*”.

Por último, según la fuente: PNP - Estado Mayor General/DIRPEP-DIVEST-UP, en el año 2012 fallecieron 4.138 personas en accidentes de tránsito. Se podría estimar que están incorporando fallecidos en Carreteras, pero al no ser explícita esta afirmación, no se considera. Estos datos fueron recogidos de la página web del MTC del Perú “*Perú; Número de Víctimas de Accidentes de Tránsito Fatales y No Fatales por año, según características de las víctimas 2001-2012*”.

En este ejemplo se puede observar que un mismo dato difiere entre los distintos organismos. Incluso se tiene que una misma fuente, PNP Estado Mayor General/DIRPEP-DIVEST-UP, figura con cifras distintas para el MTC y para el CNSV.

Por lo tanto, para nuestro caso, sería de suma relevancia integrar la recolección de datos proveniente de la Policía Nacional del Perú (en particular

⁶ Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

⁷ Ministerio de Salud del Perú (MINSA).

de la DIVPIAT⁸), el Instituto de Medicina Legal y la Dirección General de Epidemiología del Ministerio de Salud, de tal forma que se pueda generar una toma de datos integrada, que permita disponer de una estadística unificada, única de consulta nacional.

Importante es además, para los entes involucrados, encaminarse a la automatización de la toma de datos, ya que actualmente se recoge en formularios la que luego se procesa en MS-Excel, lo que implica que la vulnerabilidad de la información es alta, debido a la ausencia que existiría de controles de seguridad y calidad de la información digitada, la que además es llevada a cabo por personal que no tendría la suficiente capacitación.

Otra debilidad en nuestro sistema de registro es que solo se clasifican los accidentes como fatales y no fatales, por lo que no se considera la gravedad de las lesiones, ni el diagnóstico médico que estos accidentes involucran. Teniendo presente la gran cantidad de personas con traumatismos atribuibles a accidentes de tránsito, obviar este tipo de información limita la percepción que se tiene sobre la situación actual del problema.

Debemos ser conscientes que sin información no es posible planificar adecuadamente y que las acciones o actividades que se realicen carecerían de un sustento adecuado. Tampoco sería posible medir el impacto de las acciones si se realizan sin el conocimiento de la situación actual de los accidentes de tránsito en el Perú. Por lo tanto mejorar nuestro sistema de registro de accidentes de tránsito es un paso fundamental en el camino hacia un sistema vial más seguro para sus usuarios.

5.2. Deficiencias en el sistema vial y su relación con los accidentes de tránsito en la Región Piura

A continuación, se presenta un análisis de los accidentes de tránsito más comunes en la Región Piura (Ver **Gráfico 5.**), a partir de datos estadísticos emitidos por la Dirección Regional de transportes y comunicaciones de Piura e información relevante obtenida de los diversos medios de comunicación.

Determinar las verdaderas causas de los accidentes de tránsito no es una tarea sencilla, especialmente cuando no se cuenta con una fuente de información confiable, por lo que la finalidad de este análisis es demostrar de qué manera las características de nuestro sistema vial podrían estar induciendo comportamientos irresponsables en sus usuarios y como se estaría culpando injustificadamente al factor humano como el principal factor contribuyente en los accidentes de tránsito. Además se propondrán medidas y estrategias que podrían mejorar la situación de inseguridad en las vías de nuestra región.

5.2.1. Exceso de velocidad

La necesidad de ganar tiempo en estos días ha hecho de conducir por encima del límite de velocidad un recurso común para los conductores de todo el mundo. La baja probabilidad de accidentarse favorece este tipo de conductas, las cuales ponen en riesgo la seguridad en las vías. Por lo tanto es necesario controlar el comportamiento de los conductores mediante el uso de medidas

⁸ División de prevención e investigación de accidentes de tránsito (DIVPIAT).

físicas, como los reductores de velocidad; o a través de la vigilancia, el control y las sanciones los cuales han demostrado tener una mayor influencia en el comportamiento que los mensajes sobre el riesgo de sufrir una lesión por exceso de velocidad.

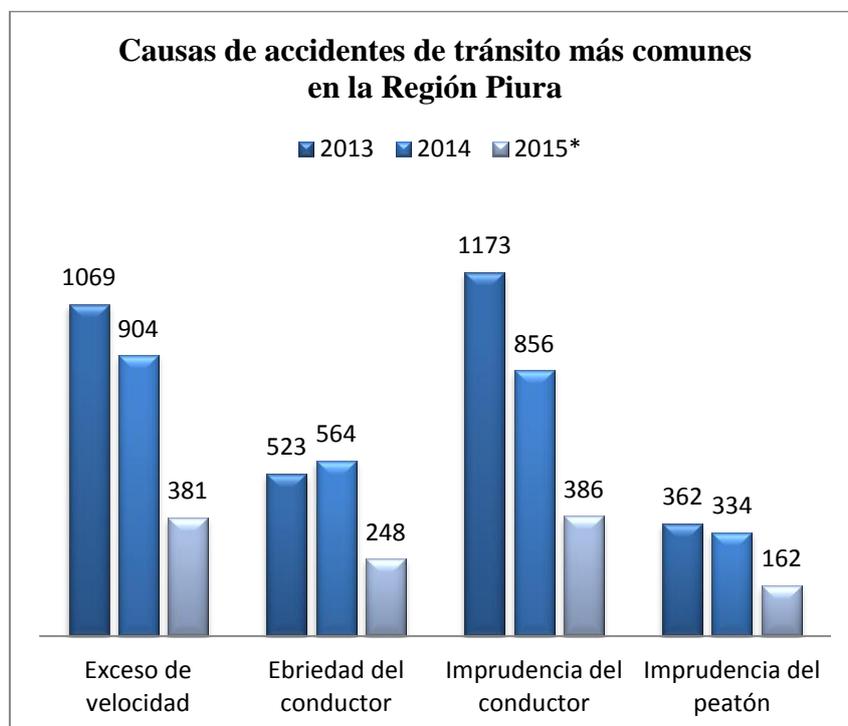


Gráfico 5. Causas de accidentes de tránsito más comunes en la Región Piura.

*Información de los dos primeros trimestres del año.

Fuente. Dirección Regional de transportes y comunicaciones de Piura (2015)

El exceso de velocidad, según el MTC, es el principal causante de accidentes de tránsito en nuestro país, y esto es porque muchas veces no se cuenta con los mecanismos de fiscalización necesarios que permitan un control de la velocidad adecuado y efectivo. Se sabe que a velocidades altas el riesgo de colisión se incrementa, ya que es más probable que se pierda el control del vehículo, además de no poder anticipar los peligros y reaccionar a tiempo. Debido a la vulnerabilidad física de los usuarios de las vías, generalmente los accidentes que involucran altas velocidades ocasionan lesiones de gran severidad e inclusive la muerte.

En nuestro país, los límites de velocidad se encuentran establecidos en el Reglamento Nacional de Tránsito, aprobado por Decreto Supremo N° 016-2009-MTC. Ver **Tabla 2**.

En la Región Piura, según un informe de la Dirección regional de transportes y comunicaciones hasta el mes de junio del año 2015, la mayoría de los accidentes relacionados al exceso de velocidad ocurrieron en las vías urbanas antes que en las carreteras. En general, el país registra en su mayoría accidentes dentro de la ciudad.

Velocidades		
Vías urbanas	Máximo	Mínimo
Calles y Jirones	40	20
Avenidas	60	30
Vía expresa (Paseo de la República)	80	45
Vía expresa (Javier Prado)	80 y 60	30
Zona escolar	30	15
Zona de hospitales	30	15
Estadios Deportivos	(I)	20 (II)
Zona comercial	35	20
Zona residencial	55	28
Otras zonas de gran afluencia de personas	(I)	20 (II)
Intersección sin semáforo	30	15
Vías que circunvalan zonas urbanas	60	(IV)
Vías rurales	Máximo	Mínimo
Caminos	60 (III)	20 (III)
I) Lo que la señal indique.		
II) Durante las horas de ingreso, funcionamiento y salida.		
III) Salvo vehículos y maquinarias que se movilizan lentamente con autorización específica.		
IV) Lo que la señal indique		
Velocidades especiales		
Carreteras	Máximo	Mínimo
Automóviles, camionetas, motocicletas	100	(V)
Servicio público de transporte de pasajeros	90	(V)
Casas rodantes motorizadas	90	(V) (III)
Vehículos de carga	80 (III)	(V) (III)
Vehículos con carga peligrosa	70 (III)	(V) (III)
Transporte escolar	70	(V)
III) Vehículos que tienen que moverse lentamente con autorización.		
V) Lo que las señales indiquen o la mitad del límite máximo.		

Tabla 2. Límites de velocidad

Fuente: Touring y automóvil club del Perú (2013)

Tal como indica el informe, los principales escenarios donde han ocurrido los accidentes son las avenidas, las calles, los pasajes, los jirones y los cruces, llegando a 1199, es decir, un 70% del total. Además, el número de accidentes en las carreteras y autopistas suman 366, un 21,4%.

Según la información presentada por el **Gráfico 6.**, el número de fallecidos parece no haber variado mucho, teniendo en cuenta que el número de vehículos y el de accidentes sí se han incrementado considerablemente desde el año 1998 hasta el 2014.

En el **Gráfico 7.**, efectivamente se puede apreciar el incremento constante en el número de accidentes de tránsito, lo que nos hace inferir que debido a que la mayor concentración de vehículos se da en las vías urbanas, y por lo tanto en un ambiente con velocidades menores a los 60km/h, la gran mayoría de accidentes no letales se dan en estas vías y por lo tanto los accidentes que involucran muertes se dan en las carreteras y autopistas, vías en las cuales se encuentran vehículos de gran peso conduciendo a más de 100km/h. Esta información nos da una más clara apreciación de cuan letal pueden llegar a ser los accidentes a altas velocidades.

5.2.1.1. Accidentes de tránsito en carreteras y autopistas

Un tipo de accidente de tránsito bastante común en las vías de alta velocidad son los impactos frontales entre vehículos (Ver **Figura 32.**). La invasión del carril contrario por cansancio, por fallas mecánicas o por una mala

maniobra de adelantamiento son los principales responsables de este tipo de accidentes; por lo tanto muchos de los accidentes que ocurren en estas vías no se deben a conductas imprudentes. Se debe de recordar que este tipo de impactos son considerados como los principales responsable de muertes y lesiones graves en los accidentes de tránsito, ya que como se mencionó en un capítulo anterior, el cinturón de seguridad no brinda protección a velocidades superiores a 70km/h en el caso de choques frontales. Teniendo presente la letalidad de este tipo de accidentes y lo aleatorio de su ocurrencia se debería recurrir a medidas como el uso de barreras de seguridad para separar físicamente los dos sentidos de la carretera, de esta manera se evita este tipo de accidentes y por lo tanto se contribuye en la reducción de los accidentes de tránsito. En general el límite de velocidad en una vía será determinado por los niveles de seguridad que esta ofrece a sus usuarios. Elementos tales como costados amplios y pavimentados, barreras centrales, zonas despejadas adecuadas, pocas carreteras de acceso, buena alineación, buen tratamiento de intersecciones y pocos usuarios de la vía pública (por ejemplo, peatones que necesitan cruzarla para acceder a determinados productos o servicios); permiten límites de velocidad altos garantizando la seguridad de sus usuarios, algo que no suele verse en nuestro sistema vial.



Gráfico 6. N° de fallecidos registrados en el departamento de Piura 1998-2014
Fuente: Consejo Nacional de seguridad vial (2014)

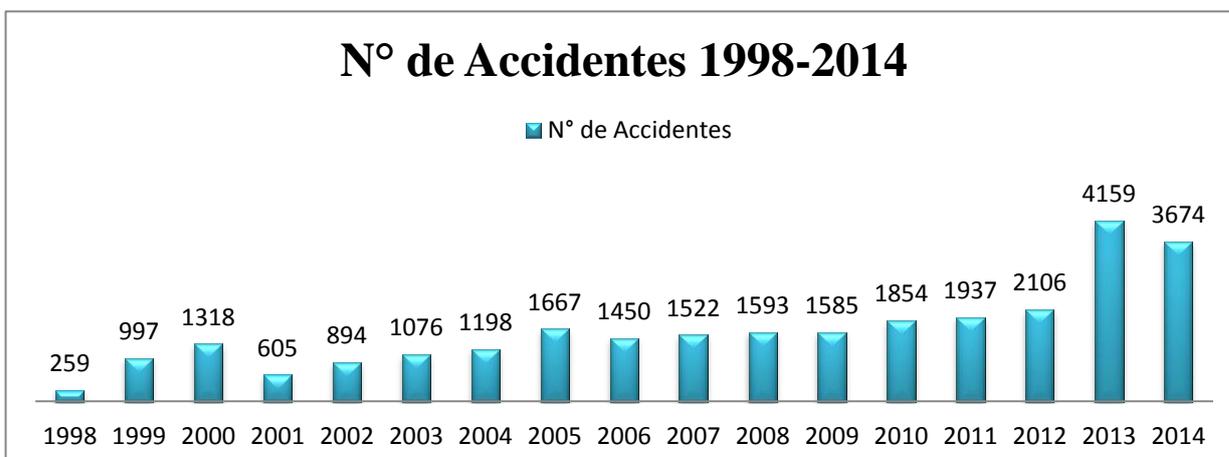


Gráfico 7. N° de accidentes registrados en el departamento de Piura 1998-2014
Fuente: Consejo Nacional de seguridad vial (2014)



Figura 32. Choque frontal entre camión y automóvil
Fuente: Diario El Comercio (2014)

Un tipo de carreteras que vienen siendo usadas en Suecia (Ver **Figura 33.**) y en Alemania (Ver **Figura 34.**) con gran efectividad para evitar los choques frontales y que podrían adaptarse a nuestro sistema vial, son las denominadas “Rutas 2+1”.

Las Rutas 2+1 son vías de doble sentido de circulación compuestas por tres carriles, dos para circulación y un carril central para adelantamientos, disponible en forma alternada para cada dirección. Los dos sentidos se hallan separados físicamente con una baranda de cable de acero (según el diseño sueco). De esta manera se evita la situación más letal en el tránsito: el choque frontal entre vehículos. La solución es además de bajo costo y se ha demostrado su efectividad, siendo considerada como el mayor logro en el diseño físico de caminos en los últimos años (Derr, 2003).

5.2.1.2. Accidentes de tránsito en las entradas o salidas de una ciudad

Los tramos de carreteras o autopistas a la entrada o salida de una ciudad suelen ser zonas en donde es común la ocurrencia de accidentes debido al exceso de velocidad. Producto de un cambio repentino en los límites de velocidad, los conductores no pueden adecuarse a tiempo a las nuevas características del entorno lo cual puede derivar en algún accidente. Esto se debe a que cuando se viaja por prolongados periodos a altas velocidades una menor velocidad parece considerablemente menor de lo que objetivamente es. Por lo tanto los conductores se aproximan a estas zonas a una velocidad mayor de la que ellos imaginan.

Medidas como, definir tramos cortos con velocidades de transición entre las carreteras y los límites de la ciudad para que no se produzca un aumento o descenso repentino del límite de velocidad, pueden beneficiar considerablemente con la seguridad de estas zonas. Por ejemplo, la velocidad en

una ruta de 90km/h que desciende a un límite urbano de 50km/h puede tener un tramo que se transite a 70km/h, para ayudar a que los conductores se preparen para el control del cambio de velocidad. De esta manera se mejora la expectativa de los conductores haciendo predecible las condiciones de las vías.



Figura 33 . Rutas 2+1, Diseño sueco

Fuente: Rutas 2+1= menos muertes en el tránsito (2005)



Figura 34. Rutas 2+1, Diseño alemán

Fuente: Gizmodo.com (2014)

5.2.1.3. Accidentes de tránsito en vías urbanas

Como ya se ha mencionado antes, la mayor concentración de accidentes de tránsito suele darse en las vías urbanas, debido al caos y la inseguridad propios de nuestro sistema vial, por lo tanto los impactos por exceso de velocidad no suelen ser letales en muchos de los casos. De los 1714 accidentes de tránsito registrados hasta el mes de junio del 2015, el número de

vehículos participantes ha sido 2596, entre los que destacan 713 mototaxis (27.5%), 456 automóviles (17.6%) y 485 motocicletas (18.7%) (Dirección regional de transportes y comunicaciones, 2015).

Se puede apreciar la alta relevancia de los vehículos menores en los accidentes de tránsito, y esto es porque en Piura más del 60% de los vehículos que circulan por las vías son mototaxis o motocicletas. Se estima que solamente el número de motocicletas que circulan por las vías de Piura actualmente alcanza la cifra de 70 000, lo que la convierte en la cuarta región con mayor presencia de este tipo de vehículos, con un 22% a nivel nacional (Diario El tiempo, 2015).

A diferencia de un automóvil, los vehículos menores no ofrecen una protección apropiada ante impactos a altas velocidades. Son vehículos los cuales prestan las mínimas condiciones de seguridad tanto al pasajero como al conductor, además carecen de cinturón de seguridad u otro tipo de protección.

Debido a que la mayoría de vehículos que circulan por nuestra región no reciben una revisión técnica que les asegure el buen funcionamiento de su vehículo, la probabilidad de poder evitar un accidente, en una situación de exceso de velocidad, es casi nula.

Con la finalidad de reducir la severidad de las lesiones producto de los impactos entre vehículos, el uso del cinturón de seguridad es indispensable. Según un informe nacional emitido por el Ministerio de salud en el año 2009, el cinturón de seguridad reduce el riesgo de defunción entre los pasajeros delanteros en un 40% y un 50% y puede disminuir el número de muertes entre los ocupantes de los asientos traseros entre un 25% y un 75%. Según el Reglamento nacional de tránsito, el uso de cinturones de seguridad es obligatorio para las personas que ocupen los asientos delanteros de los vehículos en circulación. Además se establece la exigencia de cinturones de seguridad en vehículos menores de tres ruedas (no puesto en práctica). Para el caso de los conductores y pasajeros de motocicletas es de carácter obligatorio el uso de casco, ya que reduce las probabilidades de morir en cerca de un 40% y el riesgo de sufrir traumatismos graves en más de un 70%. A pesar de estos datos se puede apreciar, por ejemplo, que el uso de cinturón de seguridad ha dejado de ser importante para la población, no solo por la falta de educación sino además por la falta de la aplicación de sanciones que hagan cumplir lo establecido en el reglamento.

En las vías urbanas, generalmente, los accidentes por exceso de velocidad se dan en las intersecciones de calles y avenidas, y esto es porque para los conductores la probabilidad de una obstrucción peligrosa es bastante baja, lo que los lleva a aproximarse a las intersecciones a alta velocidad y con menos precaución, donde ellos piensan que es relativamente improbable que otro vehículo entre en su camino. Este comportamiento riesgoso llega a formar parte de la manera de conducir de los conductores por lo que es necesario intervenir. La vigilancia y el control, acompañados por un adecuado sistema de sanciones, suelen ser propuestos como medidas disuasivas muy efectivas para evitar este tipo de comportamientos, pero en el contexto de nuestra ciudad muchas veces el factor económico no permite implementar un sistema de control adecuado y constante. Ante esta situación las medidas físicas de control de velocidad resultan mucho más convenientes.

Las rotondas, mini rotondas y los rompemuelles son las medidas físicas para el control de velocidad más comunes en nuestra región.

Las rotondas y mini rotondas, si bien pueden brindar gran beneficio en controlar y reducir la velocidad del tránsito que se aproxima a una intersección, pueden también ser causantes de accidentes de tránsito si no son bien diseñadas. Un caso en particular es el que se da en la rotonda ubicada en la carretera Tambogrande y Panamericana Norte de Sullana, la cual es responsable de muchos accidentes de tránsito debido a un mal diseño geométrico (Torres Alzamora, 2015). Ver **Figura 35**.



Óvalo mal hecho causa más de 22 accidentes en carretera de Sullana

Figura 35. Rotonda mal diseñada responsable de accidentes de tránsito
Fuente: Diario El Tiempo (2014)

Los rompemuelles, debido a su bajo costo y a su efectividad, son las medidas más comúnmente usadas para controlar la velocidad del tránsito. El problema con estos dispositivos es que muchas veces carecen de la señalización horizontal y vertical adecuada que prevenga a los conductores de su presencia, por lo que pueden terminar causando accidentes por pérdida de control y serios daños a los vehículos (Ver **Figura 36**). Esto se debe principalmente a que muchas veces son los mismos vecinos los encargados de construir los rompemuelles, por lo que estos diseños no cumplen con las características geométricas necesarias para garantizar que sea efectivo en reducir la velocidad a la deseada, es decir, causan molestias en todo momento y no solo cuando se excede la velocidad de diseño. Además de esto, muchas veces se usa de manera indiscriminada, sin un previo estudio de tránsito, lo que muchas veces origina problemas de circulación de vehículos. Contemplar un diseño apropiado de rompemuelles, los cuales sean visibles en todo momento, induzcan a reducir gradualmente la velocidad y no generen problemas de circulación garantizará un incremento notable en la reducción de accidentes y en su severidad.

Además de las medidas físicas para controlar la velocidad del tránsito mencionadas, se pueden apreciar en ciertos lugares el uso de dispositivos conocidos como ojos de gato o tachones, los cuales se vienen utilizando erróneamente como reductores de velocidad (Ver **Figura 37**). Los tachones al no tener como finalidad el control de la velocidad no permite reducir la velocidad de los vehículos a los límites establecidos por la señalización. Además, la molestia que causa a los conductores que viajan a baja velocidad es mayor que la causada a los conductores que pasan a mayor velocidad (castiga a

los que respetan los límites de velocidad y premia a los infractores). Teniendo en cuenta lo anterior, muchos conductores pasan rápido por estos dispositivos para que la suspensión del vehículo absorba el obstáculo, sin tener en cuenta que pueden dañar el vehículo.



Figura 36. Rompemuelles sin señalización en Av. Las Palmeras-Piura
Fuente: Google Street View (2015)

Otro problema que genera el exceso de velocidad en vías urbanas es el peligro al que exponen a los usuarios vulnerables de las vías, los peatones y los ciclistas. Se sabe que la mayoría de peatones mueren si son atropellados a 50km/h o a velocidades mayores. Por esta razón las zonas en donde se presenten mayor cantidad de usuarios vulnerables deben contar con límites de velocidad que aseguren que estos no corran riesgos.

A diario es común ver una tendencia de los conductores de acelerar en cuanto tienen una vía libre sin importar incluso que esta sea una vía de uso compartido con peatones, como muchas veces sucede en el centro de la ciudad. Para este tipo de espacios compartidos se suelen recomendar velocidades de 30km/h, y suelen denominarse “Zonas 30”, las cuales son de amplio uso en Europa. Estas zonas mediante el uso de medidas de moderación del tránsito logran mediante el diseño de la vía inducir un comportamiento seguro, acorde con las condiciones del entorno.

5.2.2. Imprudencia del conductor

En nuestra región, según la Dirección Regional de transportes y comunicaciones de Piura, los accidentes de tránsito causados por la imprudencia del conductor suelen encontrarse generalmente en el primer o segundo lugar entre las causas más frecuentes de accidentes.

Conducir de manera imprudente implica demostrar falta de interés por la seguridad de los demás y las reglas del camino. Se consideran como actos imprudentes conducir distraído, conducir sin luces, no respetar las distancias entre vehículos, no detenerse ante señales de alto, circular en sentido contrario, realizar maniobras arriesgadas, etc.



Figura 37. Uso de tachones en Av. Las Palmeras-Piura
Fuente: Google Street View (2015)

Teniendo en cuenta que la acción de conducir requiere de una constante atención al camino y a su entorno para poder tener control sobre cualquier situación, conducir distraídamente es una actitud que va en contra de lo necesario para una conducción segura, ya que afecta de gran manera la capacidad de poder anticipar cualquier cambio, y poder tomar las decisiones y acciones necesarias para maniobrar con seguridad ante una situación de riesgo.

Se debe diferenciar las distracciones internas de las externas. Las primeras se dan dentro del vehículo y pueden ser producto del uso de celulares, de escuchar música a alto volumen, de leer o consultar un mapa, de discutir con los pasajeros, etc. Además deben considerarse los factores internos que suelen afectar de alguna u otra manera la atención del conductor como lo son, la fatiga, estar agobiado por problemas, conducir con prisa, etc. Dado que son situaciones muy comunes para cualquier persona y por lo tanto son casi imposibles de controlar, especialmente las distracciones que provienen de la mente propia del conductor, se debe buscar crear sistemas viales seguros, sistemas que admitan los errores humanos, puesto que es inevitable la ocurrencia de accidentes de tránsito, pero no la reducción de su número y de su severidad. Las distracciones externas pueden ser muy diversas, pero se debe hacer hincapié en los carteles y paneles publicitarios presentes en nuestras vías. Si bien la colocación de este tipo de publicidad está autorizada por la municipalidad, se debe tener en cuenta que el Reglamento nacional de tránsito, en el artículo 28, prohíbe que estos obstruyan o confundan la visibilidad de señales y semáforos, por lo que se debería evitar el exceso de publicidad y su ubicación cerca de información crítica que este siendo presentada. Un ejemplo de esta situación se puede apreciar en la **Figura 38**.

Otro tipo de distracción externa es la producida por el mal estado de las vías (**Ver Figura 39.**), las cuales no solo causan molestias a los conductores y dañan sus vehículos, sino que muchas veces el conductor por evitar los baches dirige su atención únicamente a esta actividad por lo que esta distracción puede derivar en un accidente. Esta situación se ve agravada con la mala iluminación.

No respetar las distancias entre vehículos, no hacer caso a las señales de tránsito y circular en sentido contrario; son conductas que muchas veces se pueden asociar directamente a una mala conducta durante la conducción, pero lo cierto es que muchas veces los conductores carecen de educación vial y por lo tanto no tienen los conocimientos necesarios sobre las normas de conducta, sobre cuáles son sus obligaciones, sus restricciones y sus derechos. Esto se debe principalmente al alto porcentaje de informalidad, el cual parece incrementarse año tras año.



Figura 38. Intersección de Av. Cáceres con Country, exceso de publicidad cerca de semáforos.
Fuente: Timaná Rojas (2015)



Figura 39. Mal estado de Av. Cáceres genera problemas a los transportistas
Fuente: Diario El Tiempo (2015)

En nuestra región, por ejemplo; según la autoridad municipal, el servicio público de pasajeros en trimóvil se realiza en un 80% de informalidad (Diario El tiempo, 2015). Actualmente, debido a la falta de fiscalización de los gobiernos regionales y municipales es común observar motocicletas y mototaxis presentes en las carreteras o en las autopistas (**ver Figura 40.**), vehículos cuya

estructura no provee estabilidad ni seguridad a altas velocidades, por lo que es muy normal leer en los periódicos sobre accidentes que involucran a este tipo de vehículos y vehículos de mayor tamaño, terminando desfavorecido en todos los casos los tripulantes de los vehículos menores. Situación que aumenta de noche, dado que los vehículos cuentan con una escasa visibilidad en las carreteras y en ocasiones no son divisados por los conductores de las unidades de mayor peso que transitan más rápido. Por lo tanto teniendo presente el gran riesgo que representa la presencia de los mototaxis y de las motocicletas en las vías de alta velocidad su ingreso debe ser restringido. Debe tenerse presente también que ante la ausencia de una autoridad que castigue este tipo de conductas estas son cada vez más frecuentes. Una realidad que estamos observando en nuestra región, caracterizada por su pobre capacidad de fiscalización.



Figura 40. Presencia de mototaxis en carreteras
Fuente: Diario El Tiempo (2014)

Otra situación común que favorece las malas conductas es el mal uso de las señales de tránsito, las cuales al presentar información contradictoria, ambigua o inconsistente, pueden provocar que estas sean ignoradas debido a que se pierde su confiabilidad. Ver **Figura 41**.



Figura 41. Uso inadecuado de señal de PARE obliga a detenerse y reiniciar la marcha en una avenida
Fuente: Dextre (2007)

La falta de señalización puede ser causante también de accidentes, ya que la desorientación puede llevar a asumir acciones que pueden resultar riesgosas, como por ejemplo, circular en sentido contrario puede ocasionar un choque. Es común que las vías en nuestra ciudad carezcan de señalización vertical y horizontal, por lo que se recomienda su uso extendido, ya que de esta manera se brinda a los conductores la información necesaria para que estos reduzcan su carga de trabajo y presten mayor atención a la vía.

Es claro que muchos de los accidentes que ocurren diariamente no se dan por conductas peligrosas o imprudentes por parte de los conductores, sino que en muchas de las situaciones se dan por errores humanos debido a malas expectativas o a un mal juicio. Por esta razón, los ingenieros de carreteras tienen una gran responsabilidad en la prevención y el cuidado de la vida en el tránsito, a través de sus diseños.

5.2.3. Ebriedad del conductor

Cuando se bebe, se pierde la capacidad de concentrarse y funcionar adecuadamente. No es necesario estar en evidente estado de ebriedad para sufrir un accidente. Un simple estado alcohólico puede engendrar perturbación y generar una situación de peligro al conductor. Ver **Tabla 3**.

Poco se puede hacer para controlar esta conducta mediante el uso de medidas físicas. Sin embargo, se puede reducir la probabilidad y la severidad de un accidente manteniendo un nivel de seguridad alto en las vías; es decir, evitando la mala iluminación, el mal estado de la vía y la falta de señalización; además promoviendo el uso del casco y del cinturón de seguridad.

Medidas como prohibir la venta de alcohol a determinadas horas se viene utilizando en muchos lugares del mundo y también del país. La denominada “Ley zanahoria”, según sus partidarios permite controlar la incidencia de eventos negativos ocasionados por la ingesta descontrolada de bebidas alcohólicas, entre estos los accidentes de tránsito.

Efectos y riesgos		
Tasa de alcoholemia	Efectos	Riesgo de accidente
0.2 g/l	Disminución de los reflejos, Falsa percepción de las distancias	Se multiplica por 1.5
0.3 g/l	Pérdida de atención Falsa percepción de la velocidad Euforia	Se multiplica por 2
0.5 g/l	Incremento del tiempo de reacción Somnolencia	Se multiplica por 3
0.8 g/l	Visión borrosa Mareo	Se multiplica por 6
1.0 g/l	Falta de percepción No puede mantener el volante	Se multiplica por 7

Tabla 3. Efectos y riesgos de la conducción en estado de ebriedad

Fuente: Touring y automóvil club del Perú (2013)

Este tipo de prohibición sufre críticas y quejas de los consumidores y de los comerciantes. Los primeros argumentan que se les restringe sus libertades personales, y los segundos dicen que se generan pérdidas económicas.

Un método efectivo, y que debería considerarse, para el control de la conducción bajo los efectos del alcohol son las pruebas aleatorias de alcoholemia, las cuales intentan identificar a los conductores que superan el límite legal de alcohol. En estas pruebas, la policía detiene a los conductores y les somete a pruebas de alcoholemia, tanto si son sospechosos de conducir en estado alcohólico como si no. Estas pruebas son habituales en muchos países europeos.

En Suecia, la legislación permite a la policía someter a pruebas a los conductores que se han visto implicados en accidentes, a los conductores que han sido arrestados por infracciones de tránsito, o de forma aleatoria en controles de carretera programados. La proporción de accidentes de automóviles con heridos que involucraran a conductores en estado alcohólico se redujo del 14 % al 9 % después de la introducción de las pruebas aleatorias de alcoholemia en la década de los setenta (SUPREME, 2007).

En los Países Bajos, cada vez que se duplicaba la cantidad de pruebas de alcoholemia desde 1986 se observaba una reducción del 25 % en los infractores por alcohol al volante, y entre 1985 y 2005 la proporción de estos infractores se redujo en dos tercios (SUPREME, 2007).

Se debe recordar que toda medida disuasiva debe ir acompañada de penalizaciones legales con un nivel de severidad adecuado para garantizar su efectividad.

5.2.4. Imprudencia de los peatones

En el Perú, según los registros del MTC, el 45% de los atropellos que ocurren son ocasionados por el incumplimiento de las normas de tránsito por parte de los peatones. Cruzar intempestivamente, no respetar las señalizaciones ni la luz roja, no usar los puentes peatonales y cruzar la vía en estado de ebriedad son las infracciones registradas más frecuentes que cometen los peatones.

Este tipo de conductas agravan más la situación de inseguridad vial debido a que muchas veces los conductores por querer evitar atropellar a un peatón imprudente terminan impactando con otros vehículos causando accidentes mucho más serios.

Como ya se ha mencionado antes, las características del sistema vial pueden inducir malos comportamientos. Tanto los puentes como los cruces peatonales son espacios que están destinados para que los peatones puedan cruzar con seguridad, por lo tanto su diseño y ubicación deben transmitir este mensaje a sus usuarios de tal manera que se aliente su uso. Lo cierto es que es muy común ver cruces peatonales bloqueados y mal ubicados; además, muchos de estos no brindan las facilidades necesarias para las personas discapacitadas y carecen de una iluminación apropiada, de este modo dejan de ser confiables para sus usuarios y tienden a ser ignorados, lo que muchas veces deriva en conductas arriesgadas, en muchos casos justificadas.

Como se puede apreciar en la **Figura 42**. El cruce peatonal se encuentra parcialmente bloqueado y además no cuenta con rampas para discapacitados. Esta situación muchas veces obliga a los peatones a cruzar en diagonal o a través de otros puntos del tramo lo que genera inseguridad debido al alto flujo vehicular a ciertas horas del día. Despejando el cruce peatonal y brindando facilidades para los discapacitados se puede destacar el propósito de este elemento vial.



Figura 42. Cruce peatonal bloqueado por puesto de periódicos autorizado por la municipalidad de Piura en Av. Bolognesi
Fuente: Google Street View (2015)

En la **Figura 43**. Podemos apreciar la mala ubicación del cruce peatonal, además de la inseguridad que este transmite ya que se ubica a mitad de una calle y no existen reductores de velocidad cercanos. Esta situación se agrava en las noches debido a la poca iluminación del lugar. El uso de cruces peatonales elevados y una mejor iluminación podría mejorar la seguridad en este cruce.



Figura 43. Mala ubicación de cruce peatonal en Av. Las Palmeras-Piura
Fuente: Google Street View (2015)

Los diseños viales deben considerar todas las necesidades de los peatones. Muchas veces ganar tiempo y la tendencia al mínimo esfuerzo son factores a considerar a la hora de cruzar una vía. Podemos apreciar, en la ciudad de Piura, que si bien los puentes peatonales consideran en su diseño a las personas discapacitadas, estos representan para sus usuarios en general un mayor recorrido, lo que se traduce en mayor tiempo y esfuerzo de lo que tomaría cruzar la pista despejada. Por lo tanto, se podría considerar la adición de escaleras a estos puentes de tal manera que el recorrido sea menor y requiera menos tiempo y esfuerzo para sus usuarios, lo que alentaría su uso. (Ver **Figura 44.**)



Figura 44. Puente peatonal en Panamericana Norte-Piura
Fuente: Google Street View (2015)

Por lo tanto, para poder mejorar la conducta de los peatones y reducir el número de accidentes de los que son responsables es necesario crear un sistema que no solo considere todas las necesidades de sus usuarios, sino que además transmita confianza y seguridad a través de sus diseños, de tal manera que las medidas de seguridad que se tomen sean aceptadas como tales y se comprenda su finalidad.

Conclusiones

1. La psicología de tránsito se basa en la afirmación de que muchos de los accidentes que ocurren en las vías se deben a simples errores humanos inducidos, muchas veces, por las características del sistema y no necesariamente por actitudes imprudentes, por lo tanto estos pueden ser evitados mediante el uso de medidas y estrategias diseñadas a partir del conocimiento y comprensión de la mente humana.
2. Los ingenieros de carreteras deben ser capaces de identificar qué elementos de diseño contribuyen con un comportamiento menos seguro, pérdida de control y colisiones, de tal manera que se puedan tomar las medidas respectivas.
3. Los enfoques de la ingeniería de carreteras deberían basarse en la comprensión del desempeño humano, en las variaciones del desempeño (tanto individual como colectiva), en el comportamiento en diferentes situaciones, y en cómo, por qué y cuando ocurren los errores.
4. Debido a la variabilidad del desempeño humano causado por diversos factores como la fatiga, los cambios en los niveles de excitación y la motivación, se debe esperar que el desempeño humano no sea perfecto, es decir, que sea propenso a los errores, por lo que para garantizar la seguridad de un sistema vial, es necesario que este tenga las características de prevención, tolerancia y recuperación de los errores.
5. Las señales de tránsito cumplen la función de proveer valiosa información sobre los posibles peligros, características y limitaciones de las vías por donde se transita, de manera que sirven de ayuda a los usuarios de las vías en la toma de decisiones acertadas, es por esta razón que deben ser adecuadamente usadas para que sean vistas como fuentes confiables de información.
6. Toda medida o estrategia que busque mejorar la seguridad de una vía debe tener en cuenta los principios de la psicología de tránsito que consiste en reducir la

carga de trabajo y mejorar la percepción, es decir facilitar la tarea del usuario de la vía reforzando su expectativa.

7. Las campañas de seguridad vial deben tener como objetivo ganar el apoyo del público para medidas tales como legislación, penalizaciones más fuertes, mayor vigilancia y control, o cambios en la ingeniería vial; que tienen por finalidad reducir los accidentes de tránsito y su severidad.
8. Muchas de las actitudes imprudentes que generan accidentes de tránsito se deben a la falta de educación vial. La informalidad ha favorecido esta situación, por lo que conductores sin ningún conocimiento de las reglas circulan diariamente por nuestras vías. Además, debido a la falta de control y adecuadas penalizaciones las actitudes imprudentes llegan a formar parte del comportamiento de los usuarios de las vías, agravando la situación.
9. Las medidas de moderación del tránsito pueden ser de gran utilidad para controlar los comportamientos inseguros en aquellos lugares en donde un sistema de vigilancia y control puede resultar muy costoso; las cuales deben ser adecuadamente señalizadas, de tal manera que se prevenga de su presencia.
10. Tener un adecuado sistema de registros de accidentes de tránsito permite determinar cuáles son las verdaderas causas de los accidentes de tal manera que las medidas que se propongan sean planificadas a partir de un sustento adecuado, además permite medir el impacto de las medidas aplicadas y determinar su efectividad.
11. Las auditorías de seguridad vial, como herramientas de prevención, permiten identificar posibles problemas que podrían ser pasados por alto en tramos que no hayan sido catalogados como tramos de concentración de accidentes. Por lo tanto, tanto las auditorías de seguridad vial como la identificación de tramos de concentración de accidentes se consideran como medidas complementarias para garantizar la reducción de accidentes y su severidad.
12. Debido a que el cumplimiento de las normativas en el diseño de una vía no asegura las condiciones de seguridad necesarias, es apropiado el uso de auditorías que garanticen que todas las vías se diseñen con los criterios óptimos de seguridad para todos sus usuarios.

Bibliografía

1. *ABC.es*. (12 de Julio de 2012). Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de ABC.es: <http://www.abc.es/20120711/motor-reportajes/abci-falta-iluminacion-causante-accidentes-201207092200.html>
2. *Amazings*. (2 de Marzo de 2009). Recuperado el 13 de Agosto de 2015, de Amazings: <http://www.amazings.com/ciencia/noticias/020309b.html>
3. Ames, A. (30 de Septiembre de 2015). La ortografía del tránsito. *Perú 21*.
4. Ayuntamiento de Madrid. (2000). *Templado de tráfico*. Madrid.
5. Bañon Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de carreteras*.
6. Benites Acha, J. (13 de Febrero de 2015). Mototaxis con alto índice de siniestralidad en Piura. *Diario El Tiempo*.
7. Bliss, T., & Raffo, V. (2013). *Pautas para orientar el compromiso de los países en materia de seguridad vial*.
8. Cabrera Campos, G. (21 de Septiembre de 2015). Desobediencia Rígida. *Diario El Tiempo*.
9. *Carreteros.org*. (s.f.). Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de <http://www.carreteros.org/normativa/travesias/reductores/apartados/4.htm>
10. Carsten, O. (2007). Multiple perspectives. En R. Fuller, & J. Santos, *Human factors for highway engineers*. United Kingdom: Emerald Group.
11. CEA . (2015). *CEA Seguridad vial*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de CEA Seguridad vial: <http://www.seguridad-vial.net/conduccion/reglas-circulacion/67-velocidad>

12. Chunga Yesquén, C. (07 de Junio de 2015). Los accidentes de tránsito causan más muertes este año respecto al año pasado. *Diario El Tiempo*.
13. *Circulaseguro*. (29 de Octubre de 2010). Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de <http://www.circulaseguro.com/la-vista-es-el-sentido-mas-importante-a-la-hora-de-conducir/>
14. *Circulaseguro*. (24 de Abril de 2015). Recuperado el 21 de Agosto de 2015, de <http://www.circulaseguro.com/los-peligros-de-los-margenes-de-la-carretera-y-5-barreras-metalicas-de-seguridad/>
15. Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET). (2010). *Facilidades explícitas para peatones y ciclistas*. Santiago.
16. Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET). (2010). *Medidas de tráfico calmado guía práctica*. Santiago.
17. Consejo nacional de seguridad vial. (2015). *Plan nacional de seguridad vial 2015-2024*. Lima.
18. Derr, B. (2003). *Application of European 2+1 roadway designs*.
19. Dextre Quijandría, J. C. (1999). *Técnicas para lograr un tráfico calmado*. Lima.
20. Dextre, J. C. (2007). *Las auditorías de seguridad vial como herramienta de prevención de accidentes*. Mendoza.
21. Diario El Tiempo. (03 de Julio de 2015). Motivos para volvernos "Zanahorias". *Diario El Tiempo*.
22. Diario El Tiempo. (30 de Junio de 2015). Tres fallecidos y ocho heridos en la vía Sullan-Tambogrande. *Diario El Tiempo*.
23. Díaz Pineda, J. (2006). *Auditorías de seguridad vial. Experiencias en Europa*. Madrid.
24. Dirección regional de transportes y comunicaciones Piura. (2013). *Accidentes de tránsito en la región Piura*. Piura.
25. Dirección regional de transportes y comunicaciones Piura. (2014). *Accidentes de tránsito en la región Piura*. Piura.
26. Dirección regional de transportes y comunicaciones Piura. (2015). *Accidentes de tránsito en la región Piura de abril a junio*. Piura.
27. Dirección regional de transportes y comunicaciones Piura. (2015). *Accidentes de tránsito en la región Piura de enero a marzo*. Piura.
28. Egea Caparrós, A. (s.f.). *Um*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2015, de <http://www.um.es/docencia/agustinr/pca/textos/cogni2.pdf>
29. Evdemon, A. P. (5 de Octubre de 2011). *Blog de Alexis P. Evdemon*. Recuperado el 16 de Agosto de 2015, de <https://alexisevdemon.wordpress.com/2011/10/05/consejos-para-conducir-de-noche-o-con-visibilidad-reducida/>

30. Feria Torres, R. (2001). *Técnicas de análisis de accidentes de tránsito con alguna aplicación en la ciudad de Piura*. Piura.
31. Fuller, R. (2007). Human factors and driving. En R. Fuller, & J. Santos, *Human factors for highway engineers*. United Kingdom: Emerald Group.
32. Fuller, R. (2007). Learning and the road user. En R. Fuller, & J. Santos, *Human factors for highway engineers*. United Kingdom: Emerald Group.
33. Fuller, R., & Santos, J. (2007). Psychology and highway engineer. En R. Fuller, & J. A. Santos, *Human factors for highway engineers*. United Kingdom: Emerald Group.
34. Global road safety partnership. (2010). *Flashes sobre velocidades más seguras*. Australia.
35. Instituto mexicano de transporte. (2002). *Algunas consideraciones de seguridad para el proyecto geométrico de carreteras*. Sanfandila, Queretaro.
36. Martí, A. (1992). *Limitaciones del conductor y del vehículo*. Barcelona: Marcombo S.A.
37. Massachusetts highway department. (2006). *Traffic calming and traffic management*. Massachusetts.
38. Ministerio de educación. (2014). *Colección educ.ar*. Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de Colección edu.ar: <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD16/contenidos/docente/textos/index5.html>
39. Ministerio de salud. (2009). *Accidentes de tránsito problema de salud pública*. Lima.
40. Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras DG-2013*.
41. Moscol, D. (11 de Mayo de 2015). Piura, la región sobre dos ruedas: más de 70 mil motos circulan por las calles. *Diario El Tiempo*.
42. Oni. (s.f.). Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de Oni: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/transito/espaniol/conduc-to.htm>
43. Pérez Peñalva. (2003). *Factores causantes de los accidentes*.
44. Poicón Rivas, S. (09 de Septiembre de 2015). Vía Sullana-Talara por enésima vez está destruida. *Diario El Tiempo*.
45. Saura López, F. J., Careaga Miró, E., & Crespo Del río, R. (s.f.). *Auditorías de seguridad vial*.
46. Sayed, T. (1995). *A highway safety expert system: A new approach to safety programs*. British Columbia.

47. Sociedad global de seguridad vial. (2008). *Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones profesionales*. Ginebra.
48. Superintendencia de transporte terrestre de personas, carga y mercancías (SUTRAN) . (2009). *Reglamento nacional de tránsito*.
49. Superintendencia de transporte terrestre de personas, carga y mercancías (SUTRAN). (2011). *Estadísticas accidentes de tránsito*. Piura.
50. SUPREME. (2007). *Mejores prácticas de seguridad vial*.
51. Torres Alzamora, A. (2015). *Planeamiento, análisis operacional y diseño geométrico de una rotonda moderna*. Piura.
52. Touring y automóvil del Perú. (2013). *Guía Instructiva para el postulante*. Perú: Touring escuela S.A.
53. (2001). *Traffic calming measures*.
54. Van Schagen, I. (2003). *Traffic calming schemes*. Leidschendam: SWOV.
55. *Wikivia*. (s.f.). Recuperado el 13 de Agosto de 2015, de wikivia: [http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Iluminaci%C3%B3n_\(seguridad_vial\)](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Iluminaci%C3%B3n_(seguridad_vial))
56. *Wikivia*. (s.f.). Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Tramos_de_concentraci%C3%B3n_de_accidentes